# UNTERSUCHUNGEN ZUR BIOMECHANIK DER UNTERARMUMWENDBEWEGUNG

Josef Kindler

1981

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 201 47 74

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der
Universität München Direktor: Prof. Dr. A. N. Witt

# UNTERSUCHUNGEN ZUR BIOMECHANIK DER UNTERARMUMWENDBEWEGUNG

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Josef Kindler
aus
Kelheim
Jahr
1981

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

| | |
|---|---|
| Berichterstatter: | Priv.-Doz. Dr. W. KÜSSWETTER |
| Mitberichterstatter: | Prof. Dr. N. WITT |
| Dekan: | Prof. Dr. W. SPANN |

Tag der mündlichen Prüfung: 17.12.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

MEINEN ELTERN
UND MEINER EHEFRAU OLIVA
IN DANKBARKEIT GEWIDMET

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546818_0024

INHALTSVERZEICHNIS

A. EINLEITUNG

1. Die Klinische Bedeutung der Membrana interossea antebrachii
2. Anatomie der Membrana interossea antebrachii
3. Anatomisch- funktionelle Bedeutung der Membrana interossea antebrachii
   - 3.1. Sicherung der Unterarmknochen gegen Längsverschiebung und gegen seitliches Auseinanderweichen
   - 3.2. Kraftübertragung
   - 3.3. Muskelursprungsfeld
4. Vergleichende Anatomie
5. Biomechanik des Unterarmes
   - 5.1. Umwendbewegung
   - 5.2. Bewegungsumfang
   - 5.3. Mobilisierende Kräfte
   - 5.4. Funktion der Membrana interossea bei der Umwendbewegung

B. PROBLEMSTELLUNG

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Material und Methode
   - 1.1. Präparatentnahme
   - 1.2. Feinpräparation
2. Makroskopische Untersuchungen
   - 2.1. Vermessung der Unterarmpräparate
   - 2.2. Häufigkeit von Verstärkungsstrukturen
   - 2.3. Makroskopische Beurteilung der Verstärkungszüge

2.4. Messung der Membrandicke
2.4.1. Definition einer einheitlichen Membranmeßstrecke
2.4.2. Dickenmessung

3. Biomechanische Untersuchungen

3.1. Ermittlung der diagonalen Unterarmachse
3.2. Versuchsaufbau zur Interossärabstandsmessung
3.3. Versuchsdurchführung der Interossärabstandsmessung bei der Unterarmumwendbewegung
3.3.1. Einspannung der Präparate
3.3.2. Messung der Interossärabstände

4. Statistik

D. ERGEBNISSE DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN

1. Ergebnisse der makroskopischen Untersuchungen
1.1. Ergebnisse der Unterarmpräparatvermessung
1.2. Häufigkeit der die Membrana interossea verstärkenden Strukturen (n = 64)
1.3. Ergebnisse der makroskopischen Beurteilung der einzelnen verstärkenden Faserzüge. Beurteilung in bezug auf Geschlecht und Beruf
1.3.1. Beurteilung in bezug auf das Geschlecht
1.3.2. Beurteilung in bezug auf den Beruf
1.3.2.a männliche Präparate
1.3.2.b weibliche Präparate
1.4. Ergebnisse der Membrandickenmessung
1.4.1. Ergebnisse der Membrandickenmessung in bezug auf das Geschlecht und den Beruf

2. Biomechanische Untersuchungsergebnisse

2.1. Interossärabstandsmessung an definierten Membranmeßstrecken
2.2. Interossärabstandsmessung im Zentimeterabstand mit graphischer Darstellung des Interossärabstandes während der Umwendbewegung

E. DISKUSSION

1. Morphologie der Membrana interossea antebrachii

2. Biomechanik der Membrana interossea

3. Klinische Folgerung

F. ZUSAMMENFASSUNG

G. LITERATURVERZEICHNIS

H. LEBENSLAUF

J. ANHANG

# A. EINLEITUNG

## 1. Die klinische Bedeutung der Membrana interossea antebrachii

An den Umwendbewegungen der Hand (Pronation und Supination) sind Radius und Ulna mit ihren Gelenkverbindungen, die am Unterarm angreifende Muskulatur und die Membrana interossea antebrachii beteiligt. Die Membran verbindet zusammen mit der Chorda obliqua die beiden Unterarmknochen nahezu in ganzer Länge. Biomechanische Bedeutung besitzt sie beim Bewegungsablauf der Umwendbewegung der Hand.

Pathologische Veränderungen der Membrana interossea antebrachii können zur Einschränkung oder Aufhebung der Umwendbewegung führen: Verknöcherungen der Membrana interossea in Form der angeborenen Synostosis radio - ulnaris oder als Brückenkallus nach Unterarmfrakturen führen zur völligen Aufhebung der Umwendbeweglichkeit des Unterarmes (BLUMENTHAL (1904), BIESALSKI (1910), NEUSTADT (1931), NILSONNE (1932), W. MÜLLER (1939), KARITZKY (1956), WEIL (1959), M. LANGE (1960)).

Es treten Pronations- und Supinationkontrakturen auf, die mit Narbenbildung und Schrumpfung im Bereich der Membran einhergehen (nach abgelaufener Unterarmphlegmone, ischämischer Kontraktur Volkmann, sowie bei spastischer und schlaffer Lähmung, PAGE (1923), PAYR (1934), BLAUNT (1940), PUTTI (1940), M. LANGE (1960), JNGLIS und COOPER (1966), BRAUN et al. (1970), MILFORD (1971)

Einschränkung der Umwendbewegung nach posttraumatischen Veränderungen des Spatium interosseum antebrachii durch Achsen- oder Drehfehlstellungen der Unterarmknochen nach Frakturen (VULPIUS (1920), THOMSEN (1936), L. BÖHLER (1951,1963), TROJAN (1953), WITT (1956), M. LANGE (1962, 1967), M. E. MÜLLER (1966), J. BÖHLER (1966), FLEISCHER (1975)u.v.a.), lassen ebenfalls auf eine Hemmwirkung durch die Membrana interossea schließen.

## 2. Anatomie der Membrana interossea antebrachii

Radius und Ulna besitzen eine dreieckige Form. Beide Unterarmknochen sind fast in ihrer gesamten Länge durch die Membrana interossea miteinander verbunden. Die Membrana interossea besteht aus platten, sehnigen Bindegewebszügen, die sich vom Margo interosseus radii absteigend zum Margo interosseus ulnae ausspannen. Im Mittelteil der Membran verlaufen die Fasern parallel. In diesem Bereich kann sie mit ihrem Ursprung auch auf die Vorderseite der beiden Knochen übergreifen. Proximal und distal verliert sich dieser stark einheitliche Faserverlauf, es treten Aussparungen für Gefäß- und Nervendurchtritte auf. Im distalen Teil ist die Membran mehrschichtig, indem Fasern in den Kapselapparat des Radioulnargelenkes einstrahlen und sich aufsteigende Fasern in entgegengesetzter Richtung hinzugesellen. Der distale Teil der Membran ist verdünnt. Dort wo der M. pronator quadratus den unteren Teil der Membran bedeckt, sind in der Membran mehrere Lücken, von welchen die größte der A. interossea volaris zum Durchtritt auf den Handrücken dient. Im proximalen Teil der Membran treten die Vasa interossea dorsales durch eine Lücke auf die Streckseite des Unterarmes über und verlaufen dorsal der Membran. Im mittleren Abschnitt ist die Membrana interossea am stärksten, proximal und distal nimmt ihre Dicke ab

(WEITBRECHT (1779), FICK (1911), STRASSER (1917), von LANZ und WACHSMUTH (1959), SIEGLBAUER (1963), TÖNDURY (1968), ROSSAK (1970). Mehrere Strukturen ergänzen die Membrana interossea. Auf der palmaren Seite beschreibt CALASANS (1937) einen distalen Querzug auf Höhe des proximalen Endes des M. pronator quadratus, dessen Fasern senkrecht zur diagonalen Unterarmachse zwischen Radius und Ulna verlaufen. Weiterhin befindet sich auf der palmaren Seite die von WEITBRECHT (1779) entdeckte und von ihm als Chorda transversalis cubitii bezeichnete Chorda obliqua. Diese reicht am proximalen Ende der Membran von der Tuberositas ulnae absteigend bis zur Crista interossea radii. Sie umschließt zusammen mit dem proximalen Ende der Membran eine Lücke, durch welche bei der Pronation das Tuberculun radii und mit ihm die bei dieser Stellung um den Radius herumgeschlungene Bicepssehne auf die dorsale Seite durchtreten können (SIEGLBAUER (1963)).

Auf der Dorsalseite finden sich in verschiedener Häufigkeit mehrere der Membrana interossea aufgelagerte, von ulnar-proximal nach radial-distal verlaufende Faserzüge (WEITBRECHT (1779), HULTKRANTZ (1897), POIRER u. CHARPY (1901), SUTTON (1902), STRASSER (1917), TÖNDURY (1968)). Die meisten dünnen posterioren Faserzüge sind nach FORSTER (1905) lediglich Septa intermuskularia. Der kräftigste dorsale Faserzug kommt häufig vor und verläuft am Übergang des proximalen zum mittleren Unterarmdrittel von der Ulna proximal nach distal zum Radius. Er wird von LAMONT (1896), FORSTER (1905) und CALASANS (1937) als Chorda obliqua posterior bezeichnet.

## 3. Anatomisch-funktionelle Bedeutung der Membrana interossea antebrachii

### 3.1. Sicherung der Unterarmknochen gegen Längsverschiebung und gegen seitliches Auseinanderweichen

Eine Distalverschiebung des Radius an der Ulna vorbei bzw. eine Proximalverschiebung der Ulna verhindert die Chorda obliqua anterior (STRASSER (1917), SIEGLBAUER (1963), STARCK u. FRICK (1972), STAUBESAND (1975)).
Die entgegengesetzt gerichteten Fasern der Membrana interossea verhüten eine proximale Verschiebung des Radius (von LANZ u. WACHSMUTH (1959), TÖNDURY (1968)).
Die Membrana interossea wirkt stabilisierend auf die beiden Unterarmknochen und verhindert mit distaler Unterstützung durch das Ringband und die Chorda obliqua ein seitliches Auseinanderweichen. (STRASSER (1927), TÖNDURY (1968), ROSSAK (1970)).

### 3.2. Kraftübertragung

HALLS und TRAVILL (1964) und ROSSAK (1970) konnten bei ihren Untersuchungen keinen Hinweis auf eine Beteiligung der Membrana interossea für eine Druckübertragung von der Hand über den Radius auf die Ulna gewinnen.

### 3.3. Muskelursprungsfeld

Die Membrana interossea ist Ursprungsfeld von tiefen Beuge- und Streckmuskeln.

Auf der Facies anterior erstreckt sich das Ursprungsfeld des M. flexor digitorum profundus von der Ulna und das des M. flexor pollicis longus vom Radius her bis auf die Membrana interossea.
Auf der Facies dorsalis greifen der M. abductor pollicis longus, der M. extensor indicis von der Ulna her sowie der M. extensor pollicis brevis vom Radius her auf die Membrana interossea über.

## 4. Vergleichende Anatomie

Bei den Säugetieren gibt es große Unterschiede hinsichtlich der Form und Größe von Radius und Ulna. Die Ausführung von Pronation und Supination ist verschieden ausgeprägt.
Die Supination ist eine entwicklungsgeschichtliche Neuheit (BRAUMANN (1965)).
Bei den Primaten, Beuteltieren, Insektivoren, Landraubtieren, Schuppentieren und Robben hat der Radius lateral gelegen die Fähigkeit, sich um die Ulna zu bewegen. Eine Membrana interossea ist stets ausgebildet. Sie ist um so stärker ausgeprägt, je mehr die Fähigkeit der Pronation und Supination ausgebildet ist.

Bei den Huftieren (ausgenommen Rüsseltiere), Nagern, Hasenartigen, Flattertieren und Seekühen sind Radius und Ulna in einer parasagittalen Achse, also in Pronationsstellung angeordnet und starr miteinander verbunden. Eine Membrana interossea fehlt.
Vielfach besteht eine Beziehung bei den Säugetieren zwischen dem relativen Größenverlust der Ulna und der Reduktion der Umwendbeweglichkeit des Vorderarmes.

Beim Menschen, bei dem der Umfang dieser Bewegung am größten ist, sind Radius und Ulna etwa von gleicher Größe. (ELLENBERGER u. BAUM (1926), J. BÖHLER u. BUNNELL (1958), GRASSE (1967)).

## 5. Biomechanik des Unterarmes

### 5.1. Umwendbewegung

Die Umwendbewegung in den beiden Radioulnargelenken findet um eine Diagonalachse statt. Diese Achse verläuft proximal von der Mitte des Speichentellers im Speichenhals, verläßt am unteren Ende der Tuberositas radii den Radius, um schräg duch den Zwischenknochenraum hindurchlaufend in das untere Ellenende etwa am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel einzutreten (MEYER (1884), BRAUNE u. FISCHER (1887), FICK (1911), STRASSER (1917), BRAUS (1954), von LANZ und WACHSMUTH (1959), TÖNDURY (1968), GÜTTSCHES (1971)).

Die distale Austrittsstelle der Achse liegt etwas radialwärts von der Spitze des Processus styloideus ulnae im Bereich des ulnaren Ansatzpunktes des Discus articularis (MAURER u. COLOFF (1974)).

Bei der Umwendbewegung dreht sich das Radiusköpfchen innerhalb des Ringbandes, das distale Ende des Radius aber rotiert, die Hand mitnehmend, um das Ulnaköpfchen. Durch die Drehung um die diagonale Unterarmachse kann das untere Radiusende aus einer der Elle parallelen Stellung (Supination) um das untere Ellenende herumgeführt werden, so daß schließlich das untere Radiusende mit seiner Rückseite nach vorne gewendet medial neben dem unteren Ulnaende liegt (Pronation).

Die reinen Umwendbewegungen um die Diagonalachse des Unterarmes stellen einen Mechanismus dar, der für sich allein beim Lebenden kaum gebraucht, sondern meist mit Bewegungen in Ellenbogen- und Schultergelenk kombiniert wird. Dabei vollführt die Ulna geringe Nebenbewegungen. Bei Pronation kommt es zur geringen Streckung, bei Supination zu geringer Beugung im Ellenbogengelenk (FLESCH (1885)). Bei unwillkürlichen Umwendbewegungen des Unterarmes treten Mitbewegungen im Schultergelenk auf: Pronation ist mit geringer Abduktion, Supination mit geringer Adduktion verbunden (KISSELBACH (1952), TÖNDURY (1968)).

## 5.2. Bewegungsumfang

Der Spielraum für die reinen Umwendbewegungen der Hand beträgt beim Lebenden 120 bis 140 Grad (FICK (1911), STRASSER (1917), von LANZ und WACHSMUTH (1959)). Durch Mitbewegung von Handgelenk, Ellenbogengelenk und Schultergelenk kann die Umwendbewegung derart erweitert werden, daß unter Ausnützung aller Möglichkeiten die Hand um 360 Grad gedreht werden kann.
An der Leiche wurde ein Bewegungsumfang der Umwendbewegung des Unterarmes von 150 - 160 Grad gefunden bei erhaltener Haut und Muskulatur (BRAUNE und FLÜGEL (1882)). Daher erfolgt die Hemmung der Bewegung beim Lebenden in erster Linie durch die Dehnung der Antagonisten. Bei der Pronation kommt auch eine Querpressung von Beugemuskeln des Unterarmes (M. flexor pollicis longus, M. flexor digitorum profundus) in Frage, die durch die Überkreuzung von Radius und Ulna seitlich zusammengeschoben werden. (BRAUNE und FLÜGEL (1882), FICK (1911), STRASSER (1917)). Neben der Muskelhemmung spielt die Bandspannung oder die Hautspannung keine Rolle (GOERTLER u. BENNINGHOFF).

## 5.3. Mobilisierende Kräfte

Bei ruhig herabhängendem Arm ziehen Schwere und Innenrotatoren des Schultergelenkes die Hand in die Pronationsstellung. Kräftigere Pronation bewirken alle Unterarmmuskeln, welche die volare Seite der beiden Radio-ulnargelenke kreuzen: vor allem der M. pronator teres, in geringerem Grade die Mm. pronator quadratus, flexor carpi radialis und extensor carpi radialis longus. In die Supinationsstellung kann die Hand bei ruhig herunterhängendem Arm nur durch Muskelzug gebracht werden. Stärkster Supinator ist der M. biceps brachii. Er wird unterstützt vom M. supinator, M. brachioradialis, M. abductor pollicis longus, M. extensor pollicis longus, M. extensor pollicis brevis und M. extensor indicis. Den Muskeln der Supination können keine gleichstarken der Pronation entgegengesetzt werden (SIEGELBAUER (1963)).

## 5.4. Funktion der Membrana interossea bei der Umwendbewegung

Die Membrana interossea erreicht ihren maximalen Spannungszustand bei größter Entfernung der beiden Unterarmknochen voneinander.

Die Ansichten über die Position, in der dieser Abstand erreicht wird, gehen in der Literatur weit auseinander.

Einerseits vertritt man die Meinung, daß bei der Mittelstellung zwischen Supination und Pronation eine Maximalspannung aller Fasern der Membrana interossea besteht und eine hemmende Funktion der Membran zur Sicherung extremer Pronation und Supination verneint werden muß (FICK (1911), STRADDER (1917), BRAUS (1954), von LANZ und WACHSMUTH (1959), HOHMANN (1964), GÜTTSCHES (1971), WARWICK und WILLIAMS (1975)).

Andererseits meinen SIEGLBAUER (1963), GRANT (1965) und STRACK und FRICK (1972) eine Funktion der Membrana interossea bestehe in der Hemmung extremer Supination durch Anspannung der Fasern in dieser Position.

Die biomechanische Rolle der Chorda obliqua anterior wird allgemein in einer Supinationshemmung antagonistisch zur Sehne des M. biceps brachii gesehen (WEITBRECHT (1779), FICK (1911), STRASSER (1917), von LANZ und WACHSMUTH (1959), TÖNDURY (1968)).

KÜSSWETTER (1977) fand in bezug auf das Dehnungsverhalten der Membran während der Umwendbewegung drei verschiedene Typen.

Bei Typ 1 tritt entlang der ganzen Membran ein kontinuierlicher Zug-Dehnungsanstieg bei zunehmender Supination mit einem Maximum bei 70 Grad Supination ein. Bei Typ 3 zeigt die Membrana interossea ein Dehnungsmaximum in Nähe der Neutral-O-Position.

Typ 2 stellt eine Mischform dar, die im distalen Unterarmabschnitt die Charakteristika des Typ 1 und im proximalen Teil jene des Typ 3 aufweist.

## B Problemstellung

In der Literatur herrscht keine einheitliche Meinung über den Spannungszustand der Membrana interossea antebrachii bei der Umwendbewegung. Informationen zur Morphologie der Membrana interossea antebrachii beschränken sich weitgehend auf deskriptiv-anatomische Angaben über ihre Ausdehnung und den ungefähren Faserverlauf (WEITBRECHT (1779), FICK (1911), STRASSER (1917), CALASANS (1937), von LANZ und WACHSMUTH (1959), BRAUS (1954)).

Angaben über die Ausprägung der Membran in Abhängigkeit von Beruf und Geschlecht fehlen bisher. Untersuchungen über die Veränderungen des Interossärabstandes zwischen Radius und Ulna bei der Umwendbewegung des Unterarmes liegen bisher nicht vor. Genaue Messungen der Membrandicke gibt es nicht.

Aufgabe dieser Arbeit ist es deshalb, genaue Angaben über Morphologie der Membrana interossea antebrachii wie Membrandicke, Häufigkeit von Verstärkungszügen der Membrana interossea, Ausprägung der Membran in bezug auf Geschlecht und Beruf zu gewinnen. Messungen der Interossärabstände während der Umwendbewegung sollen Hinweise auf das Spannungsverhalten der Membrana interossea antebrachii während der Umwendbewegung ergeben.

## C Eigene Untersuchungen

### 1. Material und Methode

Die Messungen wurden an menschlichen Armpräparaten vorgenommen, die bis zu 40 Stunden postmortal bei männlichen und weiblichen Leichen verschiedener Altersgruppen entnommen wurden. Mit den verschiedenen Untersuchungen wurden insgesamt 79 Präparate des linken Armes verwendet.

#### 1.1. Präparatentnahme

Die Armpräparate wurden mit Muskeln und Bändern entnommen. Proximal wurde der Humerus etwa im mittleren Drittel durchtrennt. Distal erfolgte die Absetzung zwischen erster und zweiter Handwurzelreihe. Eine Verletzung des Ellbogengelenkes sowie des distalen Radioulnargelenkes mit dem Diskus articularis wurde vermieden. Damit die Membrana interossea nicht austrocknen konnte, blieb die Muskulatur am Unterarmpräparat. Anschließend wurden die Präparate unmittelbar nach der Entnahme in Plastiktüten verschweißt, um sie gegen Wasserverlust zu schützen.
Von den Präparatspendern wurden Lebensalter, Geschlecht und Beruf notiert.

#### 1.2. Feinpräparation

Damit das Präparat nicht austrocknen konnte, erfolgte die Feinpräparation in einer feuchten Kammer. Diese war aus Plexi-

glas angefertigt. In die Kammer strömte ein durch Druckluft vernebeltes Wasser - Aerosol mit einer Teilchengöße von 5 u ein. Dadurch war es möglich, die Feinpräparation bei konstanter Temperatur um 25 Grad Celsius und einer konstanten relativen Luftfeuchtigkeit von 100% vorzunehmen.
Nach der Entfernung der gesamten Muskulatur wurden die Membrana interossea antebrachii sowie die Chorda obliqua anterior in ganzer Ausdehnung sorgfältig freipräpariert.
Die erste Handwurzelreihe wurde abgetrennt. Die Sehne des M. biceps brachii wurde an ihrem Ansatz an der Tuberositas radii abgeschnitten. Die Feinpräparation wurde so sorgfältig duchgeführt, daß der Kapselapparat des Ellbogengelenkes und das distale Radioulnargelenk mit dem Discus articularis intakt blieben.

Die Dauer der Feinpräparation betrug im Durchschnitt $1\frac{1}{2}$ Stunden.

## 2. Makroskopische Untersuchungen

### 2.1. Vermessung der Unterarmpräparate

Nach der Entfernung des Humerus aus dem Ellenbogengelenk unter Erhaltung des Ringbandes wurden die Messungen mit einer Schublehre durchgeführt.
Als Gesamtlänge des Radius wurde die Distanz zwischen Processus styloideus radii und dem Niveau der humeralen Radiusgelenkfläche, als Gesamtlänge der Ulna die Entfernung zwischen der Spitze des Olecranons und der Spitze des Processus styloideus ulnae gemessen.

Die Länge der diagonalen Unterarmachse wurde als Distanz zwischen dem proximalen Eintrittspunkt (Teller des Radiusköpfchens) und dem distalen Austrittspunkt (Discus articularis an der Basis des processus styloideus ulnae) gemessen. Damit das distale Radioulnargelenk stabil blieb, wurde der Discus articularis nicht entfernt. Dies wurde als Fehlerquelle für die Messungen in Kauf genommen.
Als distal-proximale Ausdehnung der Membran am Radius bzw. an der Ulna wurde die Distanz zwischen dem Beginn des proximalen Ansatzes der Membran am Radius bzw. an der Ulna und dem Processus styloideus radii bzw. ulnae gemessen. Die von Weichteilen befreiten Processus styloidei radii bzw. ulnae wurden als knöcherne Fixpunkte gewählt, um Meßfehler möglichst gering zu halten.
Diese Messungen wurden an 41 Präparaten durchgeführt.

## 2.2. Häufigkeit von Verstärkungstrukturen

An 64 Präparaten verschiedener Altersgruppen wurde die Häufigkeit bzw. das Fehlen von der Chorda obliqua anterior, der Chorda obliqua posterior sowie des distalen Querzuges aufgezeichnet.

## 2.3. Makroskopische Beurteilung der Verstärkungszüge

Die Chorda obliqua anterior, die Chorda obliqua posterior und der distale Querzug wurden mit bloßem Auge nach ihrer Ausprägung beurteilt. Dabei wurde nach folgenden Kriterien vorgegangen:

Ø Fehlen des Verstärkungszuges

\+ Erkennen von Fasern in Richtung des Verstärkungszuges, ohne von einem solchen sprechen zu können.

++ deutliche Ausprägung eines Verstärkungszuges, als Einheit erkennbar

+++ sehr kräftige Ausbildung eines Verstärkungszuges

Diese Untersuchung wurde an 61 Präparaten durchgeführt.

## 2.4. Messung der Membrandicke

### 2.4.1. Definition einer einheitlichen Membranmeßstrecke

Um für die durchzuführenden Messungen der Membrandicke und der Interossärabstände (s.u.) in den verschiedenen Abschnitten der Membrana interossea antebrachii einheitliche Meßpunkte und damit vergleichbare Meßwerte zu erhalten, war die Einführung einer einheitlich definierten Membranmeßstrecke Voraussetzung. Hierfür wurde die Distanz zwischen der Spitze des Processus styloideus radii und dem proximalen radialen Ende des Membranansatzes gewählt. Diese Strecke wurde in ihrer Gesamtheit als 100% der Meßstrecke definiert, wobei die Spitze des Processus styloideus radii als 0% und das proximale radiale Ende des Membranansatzes als 100% festgelegt wurden (Abb. 1).

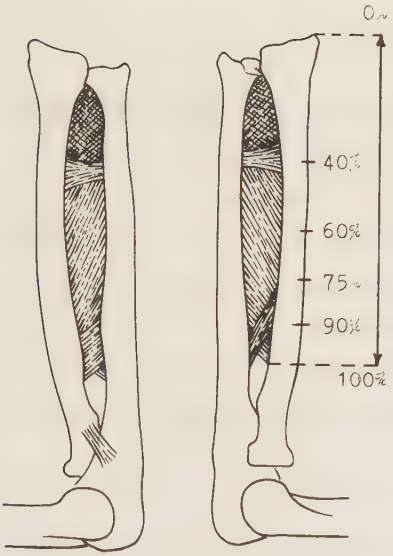



Abbildung 1:

Definierte Membranmeßstrecke

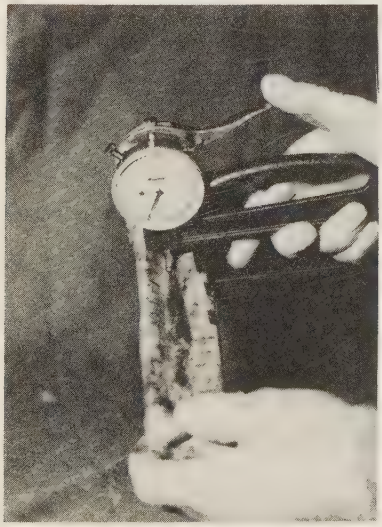


Abbildung 2:

Dickenschnellmeßgerät der Firma Mitutoyo

2.4.2. Dickenmessung

Die Messungen wurden in Neutral-O-stellung des Unterarmes durchgeführt. An der definierten Membranmeßstrecke wurden Meßpunkte bei 40 %, 60 %, 75 % und 90 % gewählt. Zur Messung wurde ein Dickenschnellmeßgerät der Firma Mitutoyo (Abb.2) mit zwei modifizierten Tastflächen von je 6mm Durchmesser verwendet. Die Genauigkeit lag bei 0,01 mm. Die nativen Präparate wurden an den Meßstellen zehn Sekunden lang durch den Gerätedruck von 150 Gramm zusammengedrückt. Pro Meßstelle wurden drei Messungen durchgeführt und der arithmetische Mittelwert gebildet.
Bei Meßstelle 90 % wurden bei ausgebildeter Chorda obliqua posterior je zwei verschiedene Messungen durchgeführt: Zunächst wurde die Gesamtdicke von Chorda obliqua posterior und Membrana interossea bestimmt. Dann wurde die Dicke der Membran im nicht von der Chorda obliqua posterior überlagerten Teil gemessen.
In gleicher Weise wurde die Dicke der Chorda obliqua anterior in der Mitte zwischen ulnarem Ursprung und radialem Ansatz gemessen.
Diese Membrandickenmessung wurde an 28 Präparaten verschiedener Altersgruppen durchgeführt.

3. Biomechanische Untersuchungen

3.1. Ermittlung der diagonalen Unterarmachse

Für diese Bestimmung war die Festlegung des proximalen Austrittspunktes in der Mitte des Radiustellers und des distalen Austrittspunktes am Ulnaköpfchen notwendig. Nach der Exarticu-

lation des Humerus im Ellenbogengelenk unter Erhaltung des Ringbandes wurde der Processus styloideus ulnae unter Erhaltung des Dreieckknorpels mit einem Lyer auf das Niveau des Dreieckknorpels gebracht. In die so entstandene Knochenoberfläche des Processus styloideus ulnae wurde ein kurzer Dreikantnagel mit breitem Kopf in axialer Richtung in die Ulna eingetrieben. Auf den Nagelkopf wurde ein kreisrundes, weißes Papierblättchen (Durchmesser 3cm) aufgeklebt. Anschließend wurde eine Zentrierlehre (Abb. 3) mit drei Schrauben an der distalen Radiusbasis befestigt und der Schreibstift auf das an der Ulna festgeklebte Papierblättchen gesenkt. Bei Drehbewegungen des Radius um die Ulna wurde eine zur Circumferenz des Ulnaköpfchens konzentrische halbkreisförmige Kurve auf das Blättchen gezeichnet. Mit einer Kreisschablone konnte aus dem Halbkreis der Mittelpunkt der Drehbewegung und damit der Mittelpunkt des distalen Radioulnargelenkes ermittelt werden. Der distale Austrittspunkt der diagonalen Unterarmachse wurde mit Hilfe eines 1mm dicken Kirschnerdrahtes durch den Dreieckknorpel hindurch am Ulnaköpfchen markiert. Der proximale Durchtrittspunkt der diagonalen Unterarmachse wurde am elliptischen Teller des Radius als Kreuzungspunkt des maximalen und minimalen Ellipsendurchmessers aufgefunden.

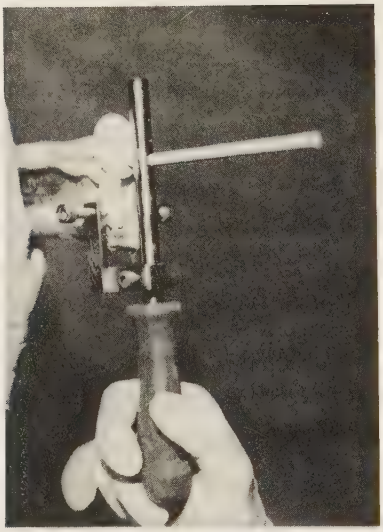


Abbildung 3:

Zentrierlehre

## 3.2. Versuchsaufbau zur Interossärabstandsmessung

Um eine Umwendbewegung für die Interossärabstandsmessungen simulieren zu können, wurde eine Einspannvorrichtung konstruiert. Diese bestand aus einem Metallstativ, das auf einem massiven Metallsockel befestigt war. Zwei Knochenzwingen an diesem Stativ ermöglichten die Einspannung der Ulna. (Abb. 4) Dazu war ein Schrittmotor am Stativ befestigt, dessen Drehachse senkrecht zum Metallsockel des Stativs angeordnet war. Um eine achsengerechte Einspannung der Präparate zu gewährleisten, war diese Drehachse nach unten in Form einer Zentrierspitze verlängert. Über einen Dreharm wurde das Drehmoment des Motors auf eine Führungsgabel übertragen. Mit dieser konnte der Radius um die Ulna geführt werden. Die jeweilige Stellung der

Führungsgabel war auf einer Gradskala ablesbar.
Damit eine genaue Einspannung von Präparaten verschiedener Größe möglich war, waren sämtliche Einspann- und Motordrehelemente in der Höhe und zur Seite verstellbar. Durch den Schrittmotor konnten an den eingespannten Präparaten Umwendbewegungen von 70 Grad Pronation bis 70 Grad Supination simuliert werden.

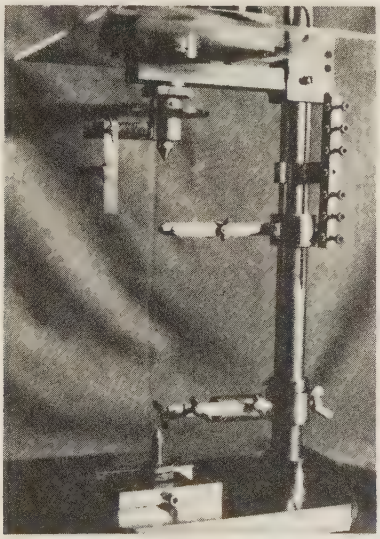


Abbildung 4 :
Einspannvorrichtung

## 3.3. Versuchsdurchführung der Interossärabstandsmessung bei der Unterarmumwendbewegung

### 3.3.1. Einspannung der Präparate

Das Präparat wurde nach der Feinpräparation mit zwei Knochenzwingen, die am proximalen und distalen Drittel angriffen, am Stativ des Umwendsimulators befestigt. Mit zwei Zentrierspitzen (Abb. 5), die am proximalen und distalen Austritt der diagonalen Umwendachse angesetzt wurden, konnte das Präparat so eingerichtet werden, daß die diagonale Umwendachse genau senkrecht zur Bodenplatte der Halterung lag. Das distale Ende wies dabei nach oben gegen die Zentrierspitze der Motorachse. Die Positionierung des Präparates in Neutral-0-Stellung wurde dadurch erreicht, daß das zuvor entnommene Humerusgelenkstück wieder in das Ellenbogengelenk in rechtwinkliger Beugung eingepaßt wurde und die Querachse der Facies articularis carpea radii parallel zum Humerusschaft ausgerichtet wurde. Der Humerusstumpf war dabei sowohl zu dem in Neutral-0-Position gestellten Motordreharm als auch zur Bodenplatte des Stativs parallel. Das Olecranon blieb einige Milimeter über der Bodenplatte frei. Damit der Radius um die Ulna geführt werden konnte, wurde ein Kirschnerdraht senkrecht zur Radiuslängsachse von lateral nach ulnar in die Radiusbasis eingebohrt. Dieser Kirschnerdraht wurde dann an der Führungsgabel des Drehmotors fixiert.
Mit einem Probelauf, der die physiologische Umwendbeweglichkeit von Pronation/Supination 70/0/70 Grad prüfte, konnten Präparate mit Bewegungshemmung ausgeschieden werden.

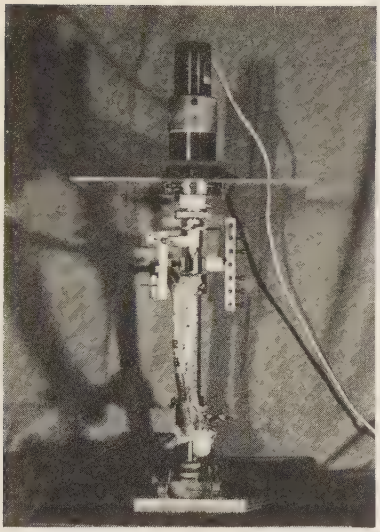


Abbildung 5:

Eingespanntes Präparat

### 3.3.2. Messung der Interossärabstände

Die Veränderungen des Interossärabstandes zwischen Radius und Ulna während der Umwendbewegung wurde an 18 Präparaten verschiedener Altersgruppen gemessen.

Nach der Positionierung wurden in Mittelstellung gemäß der definierten Membranmeßstrecke (s. 2.4.1. S. 14) Meßpunkte bei 40 %, 60 %, 75 % und 90 % auf der Dorsal- und Palmarseite des Radius markiert. Anschließend erfolgte eine Markierung von Meßpunkten auf der Dorsal- und Palmarseite des Radius im Zentimeterabstand ausgehend vom processus styloideus radii als Nullpunkt. Sämtliche am Radius festgelegten Membranansatzpunkte wurden dann auf ihre korrespondierenden, senkrecht zur diagonalen Unterarmachse liegenden Punkte auf der Ulna dorsal und palmar übertragen.

Diese beiden unterschiedlichen Messungen bringen den Vorteil, die Interossärabstandsänderungen aller Präparate über die definierte Membranmeßstrecke vergleichen zu können und das Verhalten des einzelnen Präparates während der Umwendbewegung genau verfolgen zu können.

Die Messung der Interossärabstände erfolgte in 20-Grad-Schritten von 60 Grad Pronation bis 60 Grad Supination (Abb. 6).

Die Messungen wurden zwischen den korrespondierenden Membrananansatzpunkten mit Hilfe einer Schublehre durchgeführt. Jede Messung zwischen zwei Punkten wurde dreifach gemacht und daraus wurde der arithmetische Wert ermittelt. Wegen zu großer Meßungenauigkeit konnte keine Messung in extremer Supinations-und Pronationsstellung und im distalen, gelenknahen Bereich durchgeführt werden.

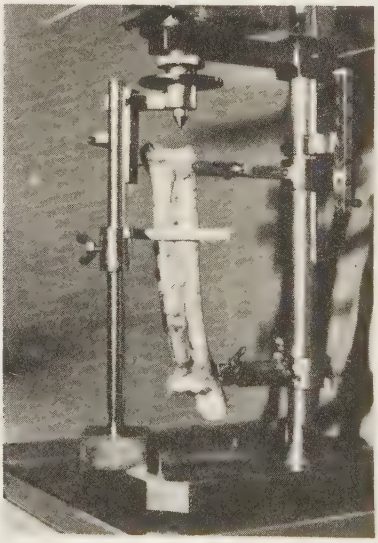


Abbildung 6:

Messung der Interossärabstände

## 4. Statistik

Zur Beurteilung der Fehler der erhaltenen Meßwerte und zur rechnerischen Erfassung der zufälligen Fehler wurde nach DIN 1319 (Grundbegriffe der Meßtechnik) vorgegangen.
Von allen Einzelwerten einer Meßreihe wurde der arithmetische Mittelwert gebildet nach der Formel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i}^{n} \cdot x_i$$

n = Anzahl der Messungen

$x_i$ = Einzelwerte

Die zufällige Abweichung der Einzelwerte von ihrem Mittelwert wurde durch die mittlere quadratische Abweichung (mittlerer quadratischer Fehler der Eizelbeobachtung), die Standardabweichung S bestimmt nach der Formel

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} - 1 \sum_{i=1}^{n} \cdot (x_i - x)^2}$$

Die Signifikanzen wurden mit dem T-Test überprüft.

## D Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

Insgesamt wurden 79 Präparate des linken Unterarmes aus verschiedenen Altersgruppen untersucht. Tabelle I gibt eine Verteilung der mit den verschiedenen Methoden untersuchten Präparate nach Anzahl, Spenderalter und -geschlecht an.
Die Standardabweichungen (s) werden bei der folgenden Wiedergabe der Untersuchungsergebnisse hinter den arithmetischen Mittelwerten angegeben.

### 1. Ergebnisse der makroskopischen Untersuchungen

#### 1.1. Ergebnisse der Unterarmpräparatevermessung (n=41)

Die Messungen der Länge der diagonalen Unterarmumwendachse ergaben 23,0 cm (s = 1,52). Am Radius ermittelten wir eine Ausdehnung der Membran von 18,3 cm (s = 1,36) und eine maximale Länge von 24,2 cm (s = 1,64). Die durchschnittliche Ausdehnung der Membran bezogen auf die maximale Länge beträgt hierbei 77,6 % (s = 2,6). Bezieht man die Ausdehnung der Membran auf die Länge der diagonalen Unterarmumwendachse, so erhält man 79,5 % (s = 2,6).
An der Ulna ermittelten wir eine Ausdehnung der Membran von 17,5 cm (s = 1,42) und eine maximale Länge von 26,2 cm (s = 1,78). Die durchschnittliche Ausdehnung der Membran bezogen auf die maximale Länge ergibt 66,8 % (s = 2,8), bezogen auf die Länge der diagonalen Unterarmumwendachse ergibt 76,0 % (s = 3,1).

Aufgrund der Meßergebnisse scheint sich die Membran am Radius weiter nach proximal auszudehnen. Bei der Messung wurde jeweils der Processus styloideus radii bzw. ulnae distal als Fixpunkt gewählt. Da der Processus styloideus radii weiter nach distal reicht als der Processus stytloideus ulnae, ist der Unterschied nicht so groß, wie es die Meßergebnisse erscheinen lassen. Tatsächlich reicht die Membran an Radius weiter nach proximal als an der Ulna.
Alters- oder geschlechtsbedingte Unterschiede der Membranausdehnung bezogen auf die maximale Länge der Ulna bzw. Radius oder bezogen auf diagonale Unterarmumwendachse ließen sich nicht feststellen.
Die Meßergebnisse sind in Tabelle II zusammengestellt.

## 1.2. Häufigkeit der die Membrana interossea verstärkenden Strukturen (n = 64)

Die Chorda obliqua anterior war in 85,9 %, die Chorda obliqua posterior in 92,2 % und der distale Querzug in 56,2 % der Fälle ausgebildet.
Altersbedingte Unterschiede konnten keine festgestellt werden. Es traten aber geschlechtsbedingte Unterschiede auf.
Bei den männlichen Präparaten (n = 41) wurde die Chorda obliqua anterior und die Chorda obliqua posterior in je 90,2 % und der distale Querzug in 68,3 % der Fälle nachgewiesen.
Bei den weiblichen Präparaten (n = 23) fanden wir eine Chorda obliqua anterior in 78,3 %, eine Chorda obliqua posterior in 95,7 % und einen distalen Querzug in 34,8 % der Fälle.

Am auffälligsten erscheint der Unterschied in der Ausbildung des distalen Querzuges, der bei Männern deutlich häufiger auftritt als bei Frauen (Tabelle III).

## 1.3. Ergebnisse der makroskopischen Beurteilung der einzelnen verstärkenden Faserzüge. Beurteilung in bezug auf Geschlecht und Beruf

Bei dieser Untersuchung wurde eine Unterteilung der Präparate nach Geschlecht und Beruf vorgenommen. Es wurden 57 Präparate bewertet.

### 1.3.1. Beurteilung in bezug auf das Geschlecht

Es wurden 35 männliche und 22 weibliche Präparate nach den Kriterien von C 2.3. beurteilt.
Die verstärkenden Faserzüge der männlichen Präparate sind stärker ausgeprägt als die der weiblichen Präparate. Bei den männlichen Präparaten wurden 14,3 % Chordae obliquae anteriores, 34,3 % der Chordae obliquae posteriores und 11,4 % der distalen Querzüge mit +++ bewertet. Bei den weiblichen Präparaten sind es lediglich 4,5 % der Chordae obliquae anteriores, 4,5 % der Chordae obliquae posteriores und 0 % der distalen Querzüge.
Mit ++ wurden bei den männlichen Präparaten 65,7 % der Chordae obliquae anteriores, 45,7 % der Chordae obliquae posteriores und 40 % der distalen Querzüge beurteilt. Dem stehen bei den weiblichen Präparaten 54,5 % der Chordae obliquae anteriores, 50 % der Chordae obliquae posteriores und 13,6 % der distalen Querzüge gegenüber.

Mit + wurden bei den männlichen Präparaten 8,6 % der Chordae obliquae anteriores, 8,6 % der Chordae obliquae posteriores und 22,9 % der distalen Querzüge bewertet. Bei den weiblichen Präparaten waren es 22,7 % der Chordae obliquae anteriores, 36,4 % der Chordae obliquae posteriores und 27,3 % der distalen Querzüge.

Bei den männlichen Präparaten fehlen 11,4 % der Chordae obliquae anteriores, 11,4 % der Chordae obliquae posteriores und 25,7 % der distalen Querzüge. Bei den weiblichen Präparaten waren 18,2 % der Chordae obliquae anteriores, 9,1 % der Chordae obliquae posteriores und 59,1 % der distalen Querzüge nicht vorhanden.

Bei der Bewertung mit +++ haben die männlichen Präparate ein deutliches Übergewicht gegenüber den weiblichen Präparaten. Es konnte kein einziger weiblicher distaler Querzug mit +++ beurteilt werden. Bei ++ halten sich die männlichen und weiblichen Chordae obliquae anteriores und posteriores das Gleichgeweicht, während bei den distalen Querzügen noch ein deutliches Übergewicht zugunsten der männlichen Präparate besteht. Bei + liegt die Mehrheit deutlich bei den weiblichen Präparaten.

Das Fehlen der Chordae obliquae anteriores und posteriores hält sich bei den männlichen und weiblichen Präparaten in etwa das Gleichgewicht. Es fehlen bei den männlichen Präparaten deutlich mehr distale Querzüge als Chordae obliquae anteriores und posteriores. Das Fehlen distaler Querzüge der weiblichen Präparate ist sehr auffällig. Mit 59,1 % fehlen mehr als die Hälfte. (s. Tabelle IV, Graphik 1)

1.3.2. Beurteilung in bezug auf den Beruf

Es erfolgte eine Einteilung in männliche (n = 35) und weibliche (n = 22) Präparate. Diese Präparate wurden dann nach dem Beruf ihrer Spender drei verschiedenen Berufsgruppen zugeordnet. Die drei Berufsgruppen wurden so aufgeteilt:

Gruppe I Schwerarbeit mit kraftvoller manueller Tätigkeit

Gruppe II Leichte körperliche Arbeit mit manueller Tätigkeit

Gruppe III Leichte Arbeit ohne körperliche Anstrengung mit geringer manueller Tätigkeit

Die Verteilung der verschiedenen Präparate nach dem Spenderberuf auf die drei Gruppen kann in den Tabellen V, VIa und VIb nachgelesen werden.
Von den 35 männlichen Präparaten wurden 19 Präparate der Gruppe I, 7 der Gruppe II und 9 der Gruppe III zugeordnet.

1.3.2.a: männliche Präparate

Die Bewertung mit+++ erfolgte bei 26,3 % der Gruppe I, bei 0 % der Gruppe II und bei 0 % der Gruppe III der Chordae obliquae anteriores. Die Chordae obliquae anteriores wurden mit ++ bei 68,4 % der Gruppe I, bei 57,1 % der Gruppe II und bei 66,7 % der Gruppe III bewertet. Mit + wurden 0 % der Gruppe I, 14,3 % der Gruppe II, 22,2 % der Gruppe III der Chordae obliquae anteriores beurteilt. In Gruppe I fehlten

5,3 %, in Gruppe II 28,6 %, in Gruppe III 11,1 % der Chordae obliquae anteriores.

Die Chordae obliquae posteriores wurden zu 52,6 % in Gruppe I, zu 14,3 % in Gruppe II und zu 11,1 % in Gruppe III mit +++ bewertet. Eine Beurteilung mit ++ erfolgte bei 31,6 % in Gruppe I, bei 42,9 % in Gruppe II, bei 77,8 % in Gruppe III der Chordae obliquae anteriores. Mit + wurden 5,3 % der Gruppe I, 14,3% der Gruppe II, 11,1 % der Gruppe III der Chordae obliquae posteriores bewertet. Bei den Chordae obliquae posteriores fehlten 10,5 % in Gruppe I, 28,5 % in Gruppe II und 0 % in Gruppe III.

Mit +++ wurden in Gruppe I 21,1 %, in Gruppe II und III 0 % der distalen Querzüge bewertet. Mit ++ erfolgte die Beurteilung bei 47,4 % in Gruppe I, bei 42,9 % in Gruppe II und bei 22,2 % in Gruppe III der distalen Querzüge. Mit + wurden in Gruppe I 21,1 %, in Gruppe II 14,3 % und in Gruppe III 33,3 % der distalen Querzüge beurteilt. Ein Fehlen der distalen Querzüge lag bei 10,5 % der Gruppe I, bei 42,9 % der Gruppe II und bei 44,4 % der Gruppe III vor.

Bei der Bewertung mit +++ haben die Präparate der Gruppe I ein deutliches Übergewicht. Bei der Bewertung mit ++ herrscht bei den Chordae obliquae anteriores ein Gleichgewicht unter den drei Gruppen.
Bei den Chordae obliquae posteriores überwiegt die Gruppe III die Gruppen I und II. Das liegt daran, daß sich die Gruppe I bereits mit einem sehr hohen Prozentsatz in der Bewertung mit

+++ befindet. Bei den distalen Querzügen überwiegt noch die Gruppe I. Bei der Bewertung mit + liegt jeweils die Gruppe I in der Unterzahl.

Bei der Unterteilung der distalen Querzüge nach dem Geschlecht stellt sich ein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Präparaten in der Ausprägung heraus. (s. 1.3.1.) Bei der Zuordnung der männlichen Präparate zu Berufsgruppen überwiegt hier die Gruppe I. Auch über das Fehlen des distalen Querzuges kann man Rückschlüsse ziehen in bezug auf die Tätigkeit. Während schon die distalen Querzüge weiblicher Präparate deutlich häufiger als von männlichen fehlen, überwiegt bei den männlichen Präparaten das Fehlen bei den Berufsgruppen II und III das Fehlen bei der Berufsgruppe I. (Zusammenfassung: s. Tabelle VII; Graphik 2a, 2b)

1.3.2.b: weibliche Präparate

Das Einteilen der männlichen Präparate in verschiedene Berufsgruppen gelang ausreichend, weil sehr genaue Berufsangaben mit den Spenderdaten festgehalten werden konnten. Unter den Berufsangaben der Frauen befinden sich viele allgemeine Berufsbezeichnungen wie Hausfrau und Montiererin. Daher war eine Zuordnung sehr schwierig. Trotzdem wurde es versucht. Aus den Ergebnissen kann aber keine Folgerung abgeleitet werden. (s. Tabelle VII, Graphik 2b)

## 1.4. Ergebnisse der Membrandickenmessung

Die Dicke der Membrana interossea in ihren verschiedenen Abschnitten und die Dicke der Chorda obliqua posterior und der Chorda obliqua anterior wurde an 28 Präparaten untersucht.

Die Chorda obliqua posterior fehlte an fünf Präparaten, die Chorda obliqua anterior war an drei Präparaten nicht ausgebildet. Außerdem konnte die Dicke der Chorda obliqua anterior aus topographischen Gründen an zehn Präparaten nicht mit dem benützten Dicken-Schnellmeßgerät ermittelt werden. An zehn Präparaten fehlte der distale Querzug.

Bei Betrachtung der arithmetischen Mittelwerte kann festgestellt werden, daß die Membran im distalen Drittel (40 % der Membranmeßstrecke) die geringste Stärke aufweist. Dabei spielt es keine Rolle, ob der distale Querzug vorhanden ist oder nicht. Dies wirkt sich nicht quantitativ auf die Dickenmessung aus, weil das dickere, fettreiche, lockere Bindegewebe des distalen Interossärraumes stärker komprimierbar ist als die dünneren, straffen Faserzüge des distalen Querzuges.

Die Membran nimmt nach proximal an Dicke zu. Von 0,26 mm (s = 0,12) im distalen Bereich (40 % der Membranmeßstrecke) nimmt sie über 0,59 mm (s = 0,25) im mittleren Membranbereich (60 % der Membranmeßstrecke) auf 0,75 mm (s = 0,24) am Übergang vom mittleren zum proximalen Drittel (75 % der Membranmeßstrecke) zu. Im proximalen Drittel (90 % der Membranmeßstrecke) nimmt die durchschnittliche Dicke mit 0,44 mm (s = 0,23) wieder ab. In diesem Bereich lagert sich dorsal die Chorda obliqua posterior mit entgegengesetzt verlaufenden

Fasern der Membran auf. So kommt es in diesem Bereich mit durchschnittlich 1,17 mm (s = 0,48) zur größten Dicke der gesamten Membran. Mit durchschnittlich 0,89 mm (s = 0,21) besitzt die Chorda obliqua anterior die größte Dicke aller Verstärkungszüge. (s. Tabelle VIII)

### 1.4.1. Ergebnisse der Membrandickenmessung in bezug auf das Geschlecht und den Beruf

Wenn man die oben stehenden Ergebnisse nach dem Geschlecht aufschlüsselt, ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen. Die Membrandicke männlicher Präparate gleicht über die gesamte Membranausbreitung der Dicke weiblicher Präparate. Nur die Chorda obliqua posterior besitzt eine verschiedene Stärke. Während der durchschnittliche Wert bei den Männern bei 90 % der Membranmeßstecke, zusammen mit der Chorda obliqua posterior gemessen, 1,28 mm (s = 0,53) ergibt, ist an der vergleichbaren Stelle die Membran weiblicher Präparate nur 0,91 mm (s = 0,27) dick.
Teilt man die männlichen Präparate nach dem Beruf ihrer Spender (Einteilung nach den Gesichtspunkten von 1.3.2.) in verschiedene Gruppen ein, kommt man zu einem ähnlichen Ergebnis wie bei der Zuordnung nach dem Geschlecht. Wieder gleichen sich die Werte über die gesamte Membranausbreitung. Nur bei der Membranmeßstelle 90 % zusammen mit der Chorda obliqua posterior tritt wieder ein Unterschied auf. Während bei der Berufsgruppe I mit 1,52 mm (s = 0,46) der größte Durchschnittswert gemessen wurde, wurde bei der Berufsgruppe II + III mit 0,84 mm (s = 0,36) ein Wert ermittelt, der mit

der Dicke der weiblichen Präparate vergleichbar ist. (s. Tab. IX, Xa, Xb)
Offensichtlich richtet sich die Ausprägung der Chorda obliqua posterior mehr als die anderen Verstärkungszüge nach der funktionellen Belastung.

## 2. Biomechanische Untersuchungsergebnisse

### 2.1. Interossärabstandsmessung an definierten Membranmeßstrecken

Nach den Kriterien von C 3.3.2. wurde der maximale und minimale Interossärabstand an definierten Membranmeßstrecken ermittelt.
Bei der Meßstelle 40 % lag durchschnittlich ein Minimalabstand von 1,43 cm (s = o,14) und ein Maximalabstand von 1,81 cm (s = 0,14) vor. Bei Meßstelle 60 % wurde ein Minimalabstand von 1,48 cm (s = 0,18) und ein Maximalabstand von 1,75 cm (s = 0,17) gemessen. Bei der Meßstelle 75 % nahm der Minimalabstand auf 1,08 cm (s = 0,19) und der Maximalabstand auf 1,33 cm (s = 0,19) ab. Bei der Meßstelle 90 % verringerte sich der Minimalabstand nochmals auf 0,83 cm (s = 0,21) und der Maximalabstand auf 1,08 cm (s = 0,19).
Die maximalen Interossärabstandsänderungen lagen an den vier Meßstellen während der Umwendbewegung zwischen 19 % (s = 8,5) und 32,9 % (s = 19,0).
Damit zeigt sich, daß während der Umwendbewegung erhebliche Längenänderungen der quergemessenen Interossärabstände eintreten. (s. Tabelle XI)

## 2.2. Interossärabstandsmessung im Zentimeterabstand mit graphischer Darstellung des Interossärabstandes während der Umwendbewegung

Nach den Kriterien von C 3.3.2. wurden die Interossärabstände im Zentimeterabstand während der Umwendbewegung gemessen. Die Messung erfolgte von 60 Grad Supination nach 60 Grad Pronation im 20 Grad Abstand.

Die ermittelten Werte wurden in ein Koordinatensystem eingetragen. Die Abszissenachse stellt den Neutralnullpunkt während der Umwendbewegung dar. Für jeden Meßpunkt im Zentimeterabstand wurde dann eine Ordinatenachse gezogen.

Auf diesen Ordinatenachsen ist eine Gradskala für die Umwendbewegung eingetragen. Für jeden Meßpunkt wurde dann aus den ermittelten Werten eine Kurve, die das Verhalten der Interossärabstände während der Umwendbewegung wiedergibt, eingezeichnet. Um einheitliche Kurvenbilder zu erhalten, wurden die Werte prozentual umgerechnet, wobei der Minimalabstand 0 % und die Differenz von Maximal- und Minimalabstand 100 % gesetzt wurde. Die jeweiligen Maximalabstände wurden dann in die Ordinatenachsen eingetragen und anschließend von Zentimeter zu Zentimeter mit einem Strich verbunden. Auf diese Weise wurde von 18 Präparaten eine graphische Darstellung über das Verhalten der Interossärabstände während der Umwendbewegung erreicht.

Vergleicht man diese graphischen Darstellungen miteinander, so schälen sich drei verschiedene Typen von Präparaten heraus.

Typ 1: Über die gesamte Länge des Präparates befindet sich der maximale Interossärabstand zwischen 20 Grad und 60 Grad Supination

Typ 2: Der maximale Abstand im distalen Bereich liegt zwischen 40 und 60 Grad Supination um dann kontinuierlich zum proximalen Teil hin in Richtung Neutral-Nullstellung oder geringe Pronation zu wandern.

Typ 3: Der maximale Interossärabstand befindet sich über die ganze Länge des Präparates zwischen 20 Grad Pronation und 20 Grad Supination um die Neutral-0-Stellung.

In Tabelle XII wurden Geschlecht und Beruf der Präparatespender nach ihren Typen eingeteilt. Es stellt sich heraus, daß bei Typ 1 hauptsächlich Schwerarbeiter zu finden sind, bei Typ 2 vor allem männliche Handwerker und bei Typ 3 überwiegend weibliche Präparate und männliche körperlich wenig anstrengende Berufe. (Die graphischen Darstellungen sind im Anhang der Arbeit einzusehen.)

## E. DISKUSSION

### 1. Morphologie der Membrana interossea antebrachii

FORSTER (1905) und CALASANS (1937) beschrieben die Chorda obliqua anterior, die Chorda obliqua posterior und den distalen Querzug als Verstärkungszüge der Membran. Dies kann durch unsere Untersuchungen bestätigt werden, wobei ein Unterschied in der Quantität vor allem beim Vorhandensein des distalen Querzuges nicht übersehen werden dar.
CALASANS (1937) sah die Chorda obliqua anterior bei 81,6 %, die Chorda obliqua posterior 97,6 % und den distalen Querzug bei 81,17 % seiner Präparate (Vergl. Tab. III). Während sich die Häufigkeitswerte bei den beiden Chordae gleichen, besteht ein erheblicher Unterschied beim Vorhandensein der distalen Querzüge. Diese Diskrepanz erklären wir durch die Auswahl der untersuchten Präparate. Die Ausbildung der verstärkenden Strukturen ist offenbar stark funktionsbedingt. Diese wird untermauert durch eine Unterteilung des Untersuchungskollektives in männliche und weibliche Präparate. Der distale Querzug ist bei den männlichen Präparaten doppelt so häufig als bei den weiblichen vorhanden.
Eine weitere Unterstützung erfährt die Feststellung, die Ausbildung bzw. Ausprägung der verstärkenden Strukturen sei funktionsbedingt, durch eine makroskopische Bewertung der verstärkenden Züge. Bei der Einteilung nach dem Geschlecht liegt ein deutliches Übergewicht in der Stärke der Ausprägung bei den männlichen Präparaten vor (s. Tab. IV, Graphik 1).

Die Erklärung liegt in der durchschnittlich schwereren Arbeit des männlichen Geschlechtes. Dies wird bestätigt durch eine Einteilung nach Berufen. Die Schwerarbeiter überwiegen in der Ausprägung der verstärkenden Strukturen die anderen Berufsgruppen eindeutig.

Während bei den Chordae obliquae anteriores und posteriores das Vorhandensein anlage bedingt und die Ausprägung funktionsbedingt sein dürfte, ist die Funktion von ausschlaggebender Bedeutung für Vorhandensein und Ausprägung des distalen Querzuges. Der distale Querzug eines Schwerarbeiters ist in der Regel stärker ausgeprägt als der eines Akademikers. Der distale Querzug fehlt weit häufiger bei den weiblichen Präparaten, er fehlt auch weit häufiger bei den Berufsgruppen mit leichter manueller Tätigkeit. Dies läßt den Schluß zu, daß die Tätigkeit von Bedeutung über Vorhandensein und Fehlen des distalen Querzuges ist.

Die Dicke der Membran ist im distalen Teil am geringsten. Nach proximal nimmt die Dicke zu, um am Übergang vom mittleren zum proximalen Drittel einen maximalen Wert zu erreichen.

Im proximalen Drittel nimmt die durchschnittliche Dicke wieder ab. (s. Tab. VIII) Die Membrana interossea ist im mittleren Teil am kräftigsten. Bei schwerer manueller Tätigkeit können sich zur weiteren Verstärkung im proximalen Teil die Chorda obliqua anterior und posterior, im distalen Teil der distale Querzug kräftiger ausprägen.

## 2. Biomechanik der Membrana interossea antebrachii

Über das postmortale Verhalten von Bindegewebe gibt es in der Literatur zahlreiche Untersuchungen. WERTHEIM (1847), VIIDIK et al. (1965), TIPTON et al. (1967) und TRAZUK (1968) prüften die postmortalen mechanischen Eigenschaften von tierischem und menschlichem Bindegewebe. Sie wiesen nach, daß innerhalb von 48 Stunden postmortal keine Veränderungen der biomechanischen Eigenschaften eintreten.

Für die Veränderung der mechanischen Eigenschaften von parallelfaserigem Bindegewebe wird der Wasserverlust als Hauptgrund angeführt. Dazu stellte TRAZUK 1968 Untersuchungen an. Er konnte beweisen, daß isotonische Kochsalzlösung und in geringem Maße Plasma zu einer Schwellung des parallelfaserigen Bindegewebes und damit zur Veränderung seiner biomechanischen Eigenschaft führt. Eine feuchte Kammer aber mit konstanter Temperatur von 25 Grad Celsius bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit sorgt für stabile mechanische Verhältnisse.

Unsere Untersuchungen bringen eine Abstandsänderung bei der Unterarmumwendbewegung bis zu 32,9 % zwischen zwei korrelierenden Punkten von Radius und Ulna. Dies ist eine Bestätigung dafür, daß ein enger Zusammenhang zwischen dem Spannungszustand der Membrana interossea antebrachii und dem Abstand von Ulna und Radius während der Umwendbewegung besteht (FICK (1911), STRASSER (1917), von LANZ und WACHSMUTH (1959), TÖNDURY (1968),GÜTTSCHES (1971), WARWICK un WILLIAMS (1975)).

Für die Überbrückung der interossären Abstandsänderungen sind drei Faktoren von Bedeutung (KÜSSWETTER 1979):

1. Die dehnbare lockere und netzartige Textur im distalen Drittel und im proximalen Extrembereich ist sehr elastisch und überbrückt große Abstandsänderungen.
2. Die Faltung der Membran in extremer Pronation.
3. Der schräge Faserverlauf (Faserwinkel = 20 bis $40^{o}$ ) im funktionell bedeutsamen mittleren und proximalen Teil, wodurch sich die relativen Längenänderungen verringern.

Durch die graphische Darstellung der Interossärabstandsänderungen bei der Umwendbewegung kristallisieren sich drei verschiedene Verhaltensweisen der Präparate heraus. (s. S. 35 ) Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Dehnungsspannungsmessungen während der Umwendbewegung von KÜSSWETTER (1977). Bisher wurden in der Literatur sehr unterschiedliche Angaben über die Umwendposition gemacht, in der die Membran maximal gespannt ist. Dies kann jetzt durch die drei verschiedenen Typen bei der Umwendbewegung bestätigt werden.

Eine Erklärung bieten die Arbeiten von HUETER (1882), von VOLKMANN (1862), WOLF (1884,1891), ROUX (1894, 1895), W. LANGE (1917) und PAUWELS (1965), die die Bedeutung physiologischer Kräfte für die Entwicklung und Erhaltung des Skelettes erkannt und untersucht haben.

Bei Typ 1 liegt der maximale Interossärabstand bzw. die maximale Spannung durchwegs im Supinationsbereich. Ein derartiges Verhalten fanden wir überwiegend bei Unterarmen von männlichen Schwerarbeitern. Starke funktionelle supinatorische

Belastung führt offenbar zur Ausbildung einer Form des Unterarmskelettes, dessen Achsenlage eine Anspannung der Membran in Supination zur Folge hat.
In diesen Fällen sichert die Membran die Supination, was sich mit den Angaben von STRASSER (1917), STARK und FRICK (1972) deckt, die in der Sicherung der Supination eine wesentliche Funktion der Membrana interossea antebrachii sehen. Der distale Querzug und die Chorda obliqua anterior (s. D 1.3.2) waren am häufigsten bei Schwerarbeitern kräftig ausgebildet. Der Schluß ist erlaubt, daß diese Verstärkungszüge eine zusätzliche Sicherung der Supination darstellen.
Beim TYP 3 liegt eine Skelettform zugrunde, bei der die größte Anspannung in der Neutral-Null-Stellung nachgewiesen werden kann. Bei der Betrachtung der Berufe fällt auf, daß wir hauptsächlich weibliche Präparatespender finden. Es scheint also eine geringe funktionelle supinatorische Beanspruchung zu dieser Skelettform zu führen.
Der TYP 2 stellt eine Mischform dar, die im distalen Unterarmabschnitt die Charakteristika des TYP 1 und im proximalen Teil jene des TYP 3 aufweist. (KÜSSWETTER 1977)

3. Klinische Folgerungen

Wegen der großen Abstandsänderungen während der Umwendbewegung müssen Vernarbungen nach Zerreißen der Membran und Schrumpfungen der Membran zu einer Funktionseinschränkung führen. (KÜSSWETTER 1979)

Die unterschiedliche Spannungsverteilung der Membran in den verschiedenen Unterarmabschnitten führen insbesondere bei Frakturen der Unterarmknochen im mittleren und proximalen Schaftbereich zu Biege- und Scherkräften an den Fragmenten. Da die Schaftfrakturen im mittleren und proximalen Drittel schwer zu reponieren und zu fixieren sind und mit einer hohen Pseudarthrosenbildung belastet sind (L.BÖHLER (1951, 1953), WITT und RETTIG (1959), UNDELAND (1962), M. LANGE (1962,1967), LEITZ (1966), ANDERSON et al. (1975) u. v. a. ), sollte die stabile Osteosynthese bei Unterarmschaftfrakturen des Erwachsenen angestrebt werden.
Dies gilt besonders für das mittlere und proximale Schaftdrittel. Betrachtet man den Unterarm als ein Cardangelenk, so stellt die Membrana interossea antebrachii ein wichtiges Gelenkband dieses komplizierten biomechanischen Gelenksystems dar. Die posttraumatische Wiederherstellung des Unterarmschaftbereiches erfordert somit ähnliche Genauigkeit, mit der sonst die Wiederherstellung von Gelenkfrakturen geübt wird. (KÜSSWETTER W. und WIRTH C. J. 1978)

## F. ZUSAMMENFASSUNG

Die Morphologie und Biomechanik der Membrana interossea antebrachii wurde an insgesamt 79 menschlichen Präparaten untersucht.

An makroskopisch - morphologischen Untersuchungen wurden die Vermessung der Präparate, die Bestimmung der Membrandicke und der Häufigkeit und Ausprägung von Verstärkungszügen der Membran durchgeführt.

Biomechanische Untersuchungsergebnisse konnten durch die Vermessung der Interossärabstände während der Umwendbewegung gewonnen werden. Die zu Beginn der Arbeit festgehaltenen Fragen können aufgrund der Untersuchungen folgendermaßen beantwortet werden:

1. Die Verstärkungszüge der Membrana interossea antebrachii sind in unterschiedlicher Häufigkeit vorhanden. Die Chorda obliqua anterior findet sich in 85,9 %, die Chorda obliqua posterior in 92,9 % und der distale Querzug, der mit senkrecht zur diagonalen Unterarmachse verlaufenden Fasern auf Höhe des proximalen Endes des Muskulus pronator quadratus zu sehen ist, findet sich in 43,8 % der Fälle. Altersbedingte Unterschiede konnten nicht festgestellt werden. Geschlechtsbezogen fällt ein deutlicher Unterschied beim distalen Querzug auf. Während er bei den männlichen Präparaten zu 68,3 % vorhanden ist, sieht man ihn bei den weiblichen Präparaten nur bei 34,8 %.

2. Die verstärkenden Faserzüge sind bei den männlichen Präparaten deutlich kräftiger ausgeprägt als bei den weiblichen. Bei einer Einteilung nach Berufsgruppen ist vor allem der distale Querzug bei Schwerarbeitern deutlich häufiger vorhanden und kräftiger ausgeprägt als bei Akademikern. Zusammenfassend kann man sagen, daß die Tätigkeit einen Einfluß auf die Ausprägung der Chorda obliqua anterior und posterior besitzt. Das Fehlen von Chorda obliqua anterior und posterior dürfte anlage bedingt sein. Die Tätigkeit ist von entscheidender Bedeutung für Vorhandensein und Ausprägung des distalen Querzuges.
3. Die Membrana interossea antebrachii verbindet die beiden Unterarmknochen im Bereich der distalen $^{3}/4$ des Unterarmes. Die Membran dehnt sich am Radius weiter nach proximal aus als an der Ulna. Alters- oder geschlechtsbedingte Unterschiede der Membranausdehnung ließen sich nicht feststellen.
4. Die Membran besitzt im distalen Drittel die geringste Dicke (0,26 mm). Im mittleren Bereich messen wir durchschnittlich 0,59 mm, am Übergang vom mittleren zum proximalen Drittel 0,75 mm. Im proximalen Drittel nimmt die Membrandicke wieder auf 0,44 mm ab.
   Wesentliche Unterschiede der Dicke in bezug auf Geschlecht und Beruf waren nur bei der Chorda obliqua posterior feststellbar. Die Ausprägung dieses verstärkenden Faserzuges scheint sich mehr als die anderen nach der funktionellen Belastung zu richten.

5. An den beiden Unterarmknochen tritt während der Umwendbewegung eine Abstandsänderung zwischen 19 % und 32,9 % auf.
6. Bei den Messungen des Interossärabstandes während der Umwendbewegung schälten sich 3 Typen heraus:
   Typ 1: Über die gesamte Länge des Präparates befindet sich der maximale Interossärabstand zwischen 20 Grad und 60 Grad Supination.
   Typ 2: Der maximale Abstand im distalen Bereich liegt zwischen 40 und 60 Grad Supination, um dann kontinuierlich zum proximalen Teil hin in Richtung Neutral-Null-Stellung oder geringe Pronation zu wandern.
   Typ 3: Der maximale Interossärabstand befindet sich über die ganze Länge des Präparates zwischen 20 Grad Pronation und 20 Grad Supination um die Neutral -0- Stellung.

Dies geht konform mit den Untersuchungen von KÜSSWETTER (1977) über das Dehnungsverhalten der Membrana interossea antebrachii.
Es scheint somit eine enge Wechselbeziehung zwischen dem Dehnungsverhalten der Membrana interossea antebrachii und dem Interossärabstand der beiden Unterarmknochen zu bestehen.

## G LITERATURVERZEICHNIS

Anderson, L. D., Sisk, T. D., Tooms, R E., Park, W. J.
Compression - Plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna.
J. Bone Jt. Surg. 57 - A (1975) 287

Baumann, E.
Ellenbogen
in: Spezielle Frakturen- und Luxationslehre Bd. 2/1
Hrsg.: H. Nigst, Thieme, Stuttgart 1965

Biesalski, K.
Zur Kenntnis der angeborenen und erworbenen Supinationsbehinderung im Ellenbogen.
Z. Orthop. 25 (1919) 205

Blount, W. P.
Osteoclasis for supination deformities in children.
J. Bone Jt. Surg. 22 (1940) 300

Blumenthal, M.
Über hereditäre angeborene doppelseitige Supinationsstörung des Ellenbogengelenkes.
Z. orthop. Chir. 12 (1904) 191

Böhler, J., Bunnell, S.
Die Chirurgie der Hand. Bd. 1
Maudrich, Wien 1958

Böhler, L.
Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Bd. 1
W. Maudrich, Wien 1951

Böhler, L.
Die Technik der Knochenbruchbehandlung (Ergänzungsband)
W. Maudrich, Wien 1963

Braun, R. M., Mooney, V., Nickel, V. L.
Flexor-origin release for pronation-flexion deformity of the forearm and hand in the stroke patient.
J. Bone Jt. Surg. 52 - A (1970) 907

Braune, W., Fischer, O.
Die bei der Untersuchung von Gelenkbewegungen anzuwendende Methode; erläutert am Gelenkmechanismus des Vorderarmes beim Menschen.
Abh. d. sächs. Ges. Wiss. 13 (1887) 313

Braune, W., Flügel, A.
Über Pronation und Supination des menschlichen Vorderarmes und der Hand.
Arch. anat. Phys., Anat. Abt. (1882) 169

Braus, H.
Anatomie des Menschen. 1. Band
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1954

Calasans, M. O.
Observações sobre a morfologia da membrana interossea antebrachii e da membrana interossea cruris.
Arqu. Anat. Antropol. 18 (1937) 17

Ellenberger, W., Baum, H.
Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere.
J. Springer, Berlin 1926

Fick, R.
Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke.
3. Teil: Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik.
G. Fischer, Jena 1911

Fleischer, H.
Die Markdrahtung der kindlichen Unterarmfraktur.
Dtsch. Med. Wschr. 100 (1975) 1278

Flesch, M.
Zur Pronation und Supination der Hand.
Arch. Anat. Phys. (1885) 216

Forster, A.
Über den morphologischen Wert der Chorda obliqua antebrachii anterior und der Chorda obliqua antebrachii posterior.
Z. Morph. Anthr. 8 (1905) 62

Grant, J. C.
Grant's method of anatomy.
Williams & Wilkins, Baltimore 1965

Grassé, P. P.
Mammiferes, Teguments, Squelette.
in: Traité de Zoologie. 1. Bd.
Hrsg.: J. Lessertisseur u. R. Saban, Paris 1967

Güttsches, O.
Funktionelle Anatomie des Unterarmes und der Hand.
Med. Klin. 66 (1971) 568

Homann, D.
Angeborene Störungen, Erkrankungen und Verletzungen des distalen Radio-Ulnargelenkes.
Arch. orthop. Unfallchir. 56 (1964) 211

Hueter, C.
Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener.
Arch. path. Anat. 25 (1862) 599

Hultkrantz, J. W.
Das Ellenbogengelenk und seine Mechanik.
Jena 1897

Inglis, A. E., Cooper, W.
Release of the flexor-pronator origin for flexion deformities of the hand and wrist in spastic paralysis.
J. Bone Jt. Surg. 48 - A (1966) 847

Karitzky, B.
Verletzungen der oberen Extremität.
in: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde
Bd. 3
Hrsg. H. Brückle de la Camp u. P. Rostock
Enke, Stuttgart 1956

Kisselbach, A.
Die verschiedenen Formen der Umwendbewegungen
und das Verhalten der Supinatoren und Pronato-
ren am Unterarm bei Drehungen um freie Umwend-
achsen.
Verh. Anat. Ges. 50 (1952) 147

Küsswetter, W.
Untersuchungen zur Morphologie und Biomechanik
der Membrana interossea antebrachii (1977)

Küsswetter, W.
Einfluß der Membrana interossea antebrachii
auf die Umwendbewegung der Hand.
Fortschritte der Medizin, 97 Jg., 35 vom 20.9.1979
S 1506 - 1508.

Küsswetter, W. und Wirth, C. J.
Ist die Membrana interossea antebrachii ein wesentlicher
Störfaktor für die Heilung von Unterarmschaftfrakturen?
(Experimentelle und Klinische Untersuchungen)
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 132
Springer Verlag 1978

Lamont, J. C.
Note on an oblique interosseus radioulnar ligament
found in the Panjabi.
J. Anat. Phys. 30 (1896) 505

Lange, M.
Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie. Bd. 1
Enke, Stuttgart, 1960

Lange, M.
Orthopädisch-chirurgische Operationslehre.
J. F. Bergmann, München 1962

Lange, M.
Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie. Bd. 3
Enke, Stuttgart 1967

Lange, W.
Über funktionelle Anpassung, ihre Grenzen, ihre
Gesetze in ihrer Bedeutung für die Heilkunde.
Hrsg. W. Roux
J. Springer, Berlin 1917

v. Lanz, T., Wachsmuth, W.
Praktische Anatomie 1. Bd./3. Arm
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959

Leitz, G.
In Fehlstellung verheilte Vorderarmschaftbrüche.
Hefte Unfallheilk. 89 (1966) 77

Maurer, R. C., Coloff, L. H.
Persönl. Mitteilung 1974 an Küsswetter

Meyer, H.
Über die Drehung des Unterarmes.
Dtsch. Z. Chir. 20 (1884) 314

Milford, L.
The Hand.
in Campbell's operative Orthopaedics. Bd. 1
Hrsg.: A. H. Crenshaw
Saint Luis, Mosby 1971

Müller, M. E.
Die Vorderarmschaftfrakturen.
Hefte Unfallheilk. 89 (1966) 16

Müller, W.
Die veschiedenen Fehlbildungstendenzen am Vorderarm.
Arch. orthop. Unfallchir. 39 (1939) 36

Neustadt, E.
Synostosis radio-ulnaris congenita.
Arch. orthop. Unfallchir. 31 (1931) 250

Nilsonne, H.
Ist die operative Lösung der kongenitalen radio-ulnaren Synostosen berechtigt?
Acta chir. Scand. 62 (1932) 225

Page, C. M.
An operation for the relief of flexion contracture in the forearm.
J. Bone J. Surg. 5 (1923) 233

Pauwels, F.
Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates.
Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1965

Payr, E.
Gelenksteifen und Gelenkplastik.
Springer, Berlin 1934

Poirier, P., Charpy, A.
Traitê d'anatomie humaine.
Paris 1901

Putti, V.
Due sindroni paralitiche del'arto superiore.
Note di fisiopatologio della rotazione anti-brachiale.
Chir. org. Movimento 26 (1940) 215

Rossak, K.
Experimentelle Druckuntersuchungen am Unterarm
und ihre klinischen Folgerungen.
Erg. Chir. Orthop. 54 (1970) 141

Roux, W.
Anpassung, funktionelle,
Gesammelte Abhandlungen, Jena 1894

Roux, W.
Beiträge zur Morphologie der funktionellen
Anpassung.
Gesammelte Abhandlungen, Jena 1895

Sieglbauer, F.
Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen.
Urban & Schwarzenberg, Wien - Innsbruck, 1963
Starck, D., Frick, H.
Repetitorium anatomicum.
Thieme Stuttgart, 1972

Staubesand, J.
Benninghoff-Goerttler
Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
Urban & Schwarzenberg
München - Berlin - Wien, 1975

Strasser, H.
Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik. Bd. 3
J. Springer, Berlin 1917

Sutton, J. B.
Ligaments, their nature and morphology.
Lewis, London 1902

Thomsen, W.
Über Spätfolgen nach Verletzungen der Unterarm-
knochen insbesondere des Radius.
Arch. orthop. Unfallchir. 36 (1936) 580

Tipton, C. M., Schild, R. J., Flatt, E. A.
Measurement of ligamentous strength in rat knees.
J. Bone Jt. Surg. 49 - A (1967) 63

Trazuk, H.
Tensile properties of human lumbar longitudinal ligaments.
Acta orthop. Scand. Suppl. 115 (1968)

Töndury, G.
Rauber-Kopsch: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen.
Thieme, Stuttgart 1968

Trojan, E.
Die Behandlungsergebnisse von 277 frischen, geschlossenen Schaftbrüchen beider Vorderarmknochen.
Hefte Unfallheilk. 46 (1953) 140

Undeland, K.
Rotational movements and bony union in shaft fractures of the forearm.
J. Bone Jt. Surg. 44 - B (1962) 340

Viidik, A., Sandqvist, L., Mägi, M.
Influence of postmortal storage on tensile strength characteristics and histology of rabbit ligaments.
Acta orthop. Scand. Suppl. 79 (1965)

v. Volkmann, R.
Chirurgische Erfahrungen über Knochenverbiegungen und Knochenwachstum.
Virchow's Arch. Anat. Path. 24 (1862) 512

Vulpius, O.
Die primären traumatischen Deformitäten.
15. Orthopäden-Kongress, Dresden 1920

Warwick, R., Williams, P. L.
Gray's Anatomy.
Longman, London 1975

Weil, S.
Die angeborenen Mißbildungen des Ellenbogengelenkes.
in: Handbuch der Orthopädie. Bd. 3
Hrsg.: G. Hohmann, M. Hackenbroch sen., K. Lindemann
Thieme Stuttgart 1959

Weitbrecht, J.
Syndesmologie oder Beschreibung der Bänder des menschlichen Körpers.
Straßburg 1779

Wertheim. M. G.
Mémoire sur l'élasticitéet la cohésion des principaux tissus du corps humain.
Ann. Chim. Phys 21 (1847) 385

Witt, A. N.
Funktionsstörungen der Hand.
Verhandlungen der Deutsch. Orthop. Ges. 43
(1956) 137

Witt, A. N. Rettig, H.
Unterarm und Hand.
in: Handbuch der Orthopädie. Bd. 3
Hrsg.: G. Hohmann, M. Hackenbroch sen., K. Lindemann
Thieme, Stuttgart 1959

Wolff, J.
Transformationsgesetz.
S. - B. Kgl. preuß. Akad. Wiss. 22 (1884) 486

Wolff, J.
Über die Theorie des Knochenschwundes durch vermehrten Druck in der Knochenbildung durch Druckentlastung.
Langenbeck's Arch. klin. Chir. 42 (1891) 302

## J.ANHANG

Graphische Darstellungen und Tabellen
der Interossärabstandsmessungen
im Zentimeterabstand. (D 2.2.)

Tabelle I

Übersicht über die an insgesamt 79 Präparaten durchgeführten Untersuchungen

| | Anzahl der untersuchten UA-Präparate | | | 7 - 9 J. | | | 20 - 60 J. | | | über 60 Jahre | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ♂ | ♀ | ges. | ♂ | ♀ | ges. | ♂ | ♀ | ges. | ♂ | ♀ | gesamt |
| Messungen an der Membranausdehnung | 31 | 10 | 41 | 4 | 1 | 5 | 20 | 6 | 26 | 8 | 2 | 10 |
| Untersuchung von Verstärkungszügen | 41 | 23 | 64 | 1 | | 1 | 27 | 19 | 46 | 13 | 4 | 17 |
| Makroskopische Beurteilung von Verstärkungszügen | | | 61 | | | | 26 | 19 | 45 | 12 | 4 | 16 |
| Membrandickenmessung | 18 | 10 | 28 | | | | 13 | 10 | 23 | 5 | | 5 |
| Messung der Interossärabstände | 11 | 7 | 18 | | | | 7 | 6 | 13 | 4 | 1 | 5 |

Tabelle II

| | Mittelwert | Standardabweichung |
|---|---|---|
| Maximale Länge des Radius | 24,2 cm | 1,64 cm |
| Maximale Länge der Ulna | 26,2, cm | 1,78 cm |
| Länge der diagonalen Unterarmumwendachse | 23,0 cm | 1,52 cm |
| Ausdehnung der Membran am Radius | 18,3 cm | 1,36 cm |
| Ausdehnung der Membran an der Ulna | 17,5 cm | 1,42 cm |
| Ausdehnung der Membran am Radius zur Maximalen Länge des Radius in % | 77,6 | 2,6 |
| Ausdehnung der Membran an der Ulna zur maximalen Länge der Ulna in % | 66,8 | 2,8 |
| Ausdehnung der Membran am Radius zur Unterarmumwendachse in % | 79,5 | 2,6 |
| Ausdehnung der Membran an der Ulna zur Unterarmumwendachse in % | 76,0 | 3,1 |

Messungen am Unterarm: n = 41

Tabelle III

Häufigkeit der Verstärkungsstrukturen der Membrana interossea antebrachii (n = 64)

| | Präparate | Chorda obliqua anterior | | Chorda obliqua posterior | | Distaler Querzug | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | fehlt | vorhanden | fehlt | vorhanden | fehlt | vorhanden |
| Männlich | 41 (100 %) | 4 (9,8%) | 37 (90,2%) | 4 (9,8%) | 37 (90,2%) | 13 (31,7%) | 28 (68,3%) |
| Weiblich | 23 (100 %) | 5 (21,7%) | 18 (78,3%) | 1 (4,3%) | 22 (95,7%) | 15 (65,2%) | 8 (34,8%) |
| Gesamt | 64 (100 %) | 9 (14,1%) | 55 (85,9%) | 5 (7,8%) | 59 (92,2%) | 28 (43,8%) | 36 (56,2%) |

Tabelle IV

Makroskopische Beurteilung der verstärkenden Faserzüge in bezug auf das Geschlecht

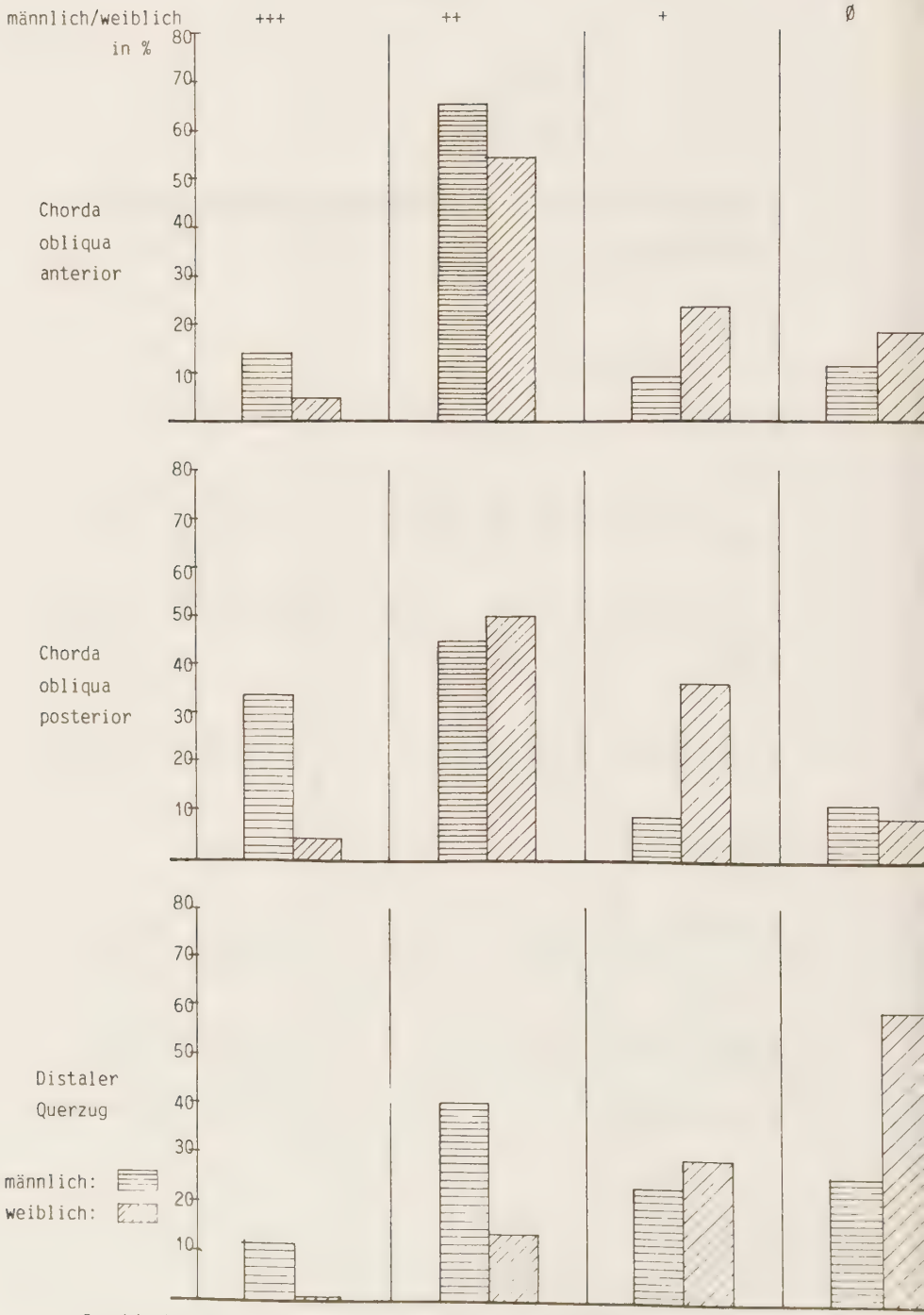
männlich

| 35 Präparate | +++ | ++ | + | ø |
|---|---|---|---|---|
| Chorda obliqua anterior | 14,3 % (5) | 65,7 % (23) | 8,6 % (3) | 11,4 % (4) |
| Chorda obliqua posterior | 34,3 % (12) | 45,7 % (16) | 8,6 % (3) | 11,4 % (4) |
| Distaler Querzug | 11,4 % (4) | 40 % (14) | 22,9% (8) | 25,7 % (9) |

weiblich

| 22 Präparate | +++ | ++ | + | ø |
|---|---|---|---|---|
| Chorda obliqua anterior | 4,5 % (1) | 54,5 % (12) | 22,7 % (5) | 18,2 % (4) |
| Chorda obliqua posterior | 4,5 % (1) | 50 % (11) | 36,4 % (8) | 9,1 % (2) |
| Distaler Querzug | ø | 13,6 % (3) | 27,3 % (6) | 59,1 % (13) |

Graphik 1




Graphische Darstellung der verstärkenden Faserzüge in bezug auf das Geschlecht

Tabelle V

Verteilung der Berufe auf die verschiedenen Gruppen

männlich: 35 Präparate = 100 %

Gruppe I: 19 Präp. = 54,3 %
Gruppe II: 7 Präp. = 20,0 %
Gruppe III: 9 Präp. = 25,7 %

weiblich: 22 Präparate = 100 %

Gruppe II: 13 Präp. = 59,1 %
Gruppe III: 9 Präp. = 40,9 %

Tabelle VI a

Zuordnung der männlichen Präparate zu den drei Gruppen nach ihrem Beruf

I Schwerarbeiter mit kräftiger manueller Tätigkeit

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | D | 29 | Metzger | 53 |
| 2 | D | 40 | Hilfsarbeiter | 51 |
| 3 | D | 61 | Schlosser | 20 |
| 4 | E | 13 | Bergmann | 84 |
| 5 | E | 16 | Gerüstbauer | 60 |
| 6 | D | 18 | Hilfsarbeiter | 42 |
| 7 | D | 21 | Hilfsarbeiter | 39 |
| 8 | D | 30 | Bauer | 50 |
| 9 | D | 31 | Metzger | 39 |
| 10 | D | 45 | Kraftfahrer | 53 |
| 11 | D | 46 | Maurer | 42 |
| 12 | D | 53 | Metzger | 55 |
| 13 | D | 62 | Kraftfahrer | 27 |
| 14 | E | 8 | Bauer | 88 |
| 15 | E | 10 | Klempner | 63 |
| 16 | E | 17 | Kraftfahre | 60 |
| 17 | E | 18 | Bauhilfsarbeiter | 66 |
| 18 | E | 19 | Bergmann | 68 |
| 19 | E | 20 | Maschinenschl. | 62 |

Tabelle VI a

II Arbeiter mit leichter manueller Tätigkeit

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | D | 52 | Anstreicher | 34 |
| 2 | D | 54 | Flickschuster | 54 |
| 3 | D | 58 | Gärtner | 31 |
| 4 | D | 6 | Schneider | 64 |
| 5 | D | 38 | Orgelbauer | 33 |
| 6 | D | 48 | Schuhmacher | 46 |
| 7 | E | 7 | Glasarbeiter | 71 |

III Leichte körperliche Arbeit mit geringer manueller Tätigkeit

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | D | 16 | Student | 22 |
| 2 | D | 28 | Krankenpfleger | 40 |
| 3 | D | 35 | Rechtspfleger | 38 |
| 4 | D | 41 | Förster | 37 |
| 5 | D | 50 | Vertreter | 54 |
| 6 | D | 55 | Angestellter | 37 |
| 7 | D | 47 | Konstruktions-zeichner | 45 |
| 8 | E | 9 | Direktor | 60 |
| 9 | E | 4 | Rentner | 66 |

Tabelle VI b

Zuordnung der weiblichen Präparate zu den drei Gruppen nach ihrem Beruf

II Arbeit mit leichter manueller Tätigkeit

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | D | 15 | Hausfrau | 33 |
| 2 | D | 17 | Unternehmerin | 43 |
| 3 | D | 32 | Montiererin | 47 |
| 4 | D | 34 | Hausfrau | 48 |
| 5 | D | 51 | Montiererin | 45 |
| 6 | D | 59 | Hausfrau | 59 |
| 7 | E | 14 | Hausfrau | 64 |
| 8 | E | 15 | Zahnärztin | 71 |
| 9 | D | 39 | Hausfrau | 36 |
| 10 | D | 33 | Montiererin | 51 |
| 11 | D | 37 | Fabrikarbeiterin | 52 |

III Leichte Arbeit mit geringer manueller Tätigkeit

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | D | 14 | Angestellte | 44 |
| 2 | D | 57 | Verkäuferin | 53 |
| 3 | D | 49 | Apothekenhelferin | 37 |
| 4 | E | 11 | Lehrerin | 66 |
| 5 | D | 36 | Kindergärtnerin | 42 |
| 6 | D | 42 | Verkäuferin | 42 |
| 7 | D | 64 | Sekretärin | 48 |
| 8 | D | 56 | Sekretärin | 37 |
| 8 | D | 63 | Lehrerin | 31 |

Tabelle VII

Zusammenstellung der verstärkenden Faserzüge in bezug auf den Beruf

| männlich | | +++ | ++ | + | Ø |
|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | Chorda obliqua anterior | 26,3 % (5) | 68,4 % (13) | Ø | 5,3 % (1) |
| 19 Präp. = 100 % | Chorda obliqua posterior | 52,6 % (10) | 31,6 % (6) | 5,3 % (1) | 10,5 % (2) |
| | Distaler Querzug | 21,1 % (4) | 47,4 % (9) | 21,1 % (4) | 10,5 % (2) |
| Gruppe II | Chorda obliqua anterior | Ø | 57,1 % (4) | 14,3 % (1) | 28,6 % (2) |
| 7 Präp. = 100 % | Chorda obliqua posterior | 14,3 % (1) | 42,9 % (3) | 14,3 % (1) | 28,5 % (2) |
| | Distaler Querzug | Ø | 42,9 % (3) | 14,3 % (1) | 42,9 % (3) |
| Gruppe III | Chorda obliqua anterior | Ø | 66,7 % (6) | 22,2 % (2) | 11,1 % (1) |
| 9 Präp. = 100 % | Chorda obliqua posterior | 11,1 % (1) | 77,8 % (7) | 11,1 % (1) | Ø |
| | Distaler Querzug | Ø | 22,2 % (2) | 33,3 % (3) | 44,4 % (4) |

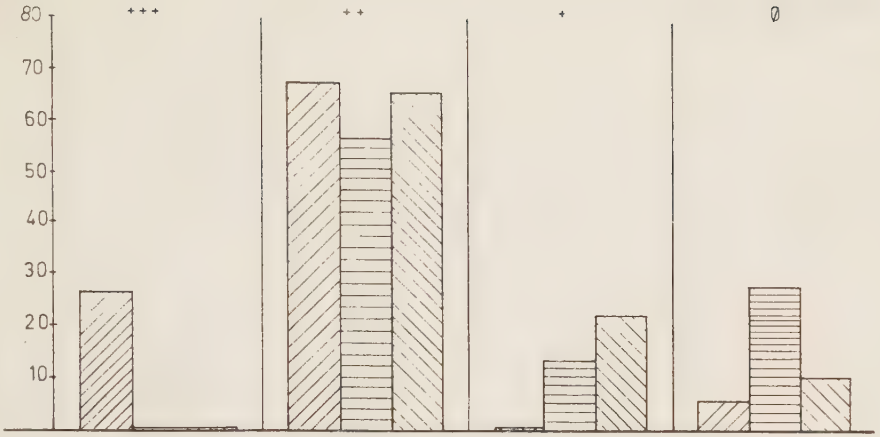
Tabelle VII

Zusammenstellung der verstärkenden Faserzüge in bezug auf den Beruf

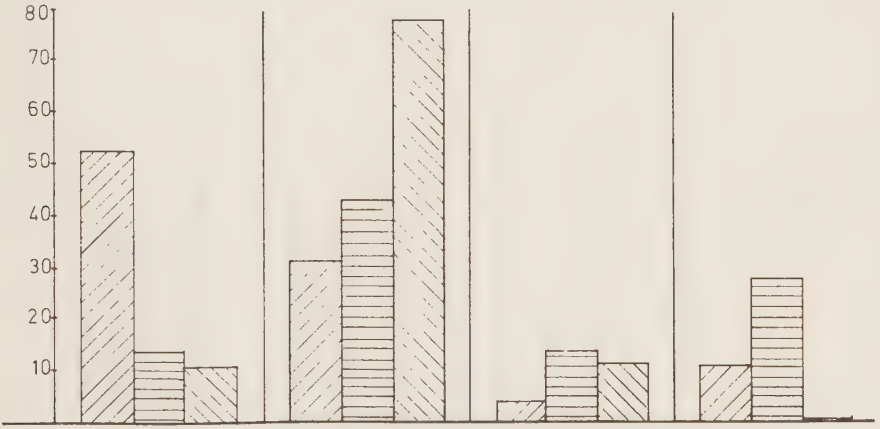
| weiblich | | +++ | ++ | + | Ø |
|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | kein Präparat | | | | |
| Gruppe II | Chorda obliqua anterior | 7,7 % (1) | 61,5 % (8) | 15,4 % (2) | 15,4 % (2) |
| 13 Präp.=100% | Chorda pbliqua posterior | Ø | 53,8 % (7) | 38,5 % (5) | 7,7 % (1) |
| | Distaler Querzug | Ø | 7,7 % (1) | 23,1 % (3) | 69,2 % (9) |
| Gruppe III | Chorda obliqua anterior | Ø | 44,4 % (4) | 33,3 % (3) | 22,2 % (2) |
| 9 Präp.=100% | Chorda obliqua posterior | 11,1 % (1) | 44,4 % (4) | 33,3 % (3) | 11,1 % (1) |
| | Distaler Querzug | Ø | 22,2 % (2) | 33,3 % (3) | 44,4 % (4) |

inl. Präparate

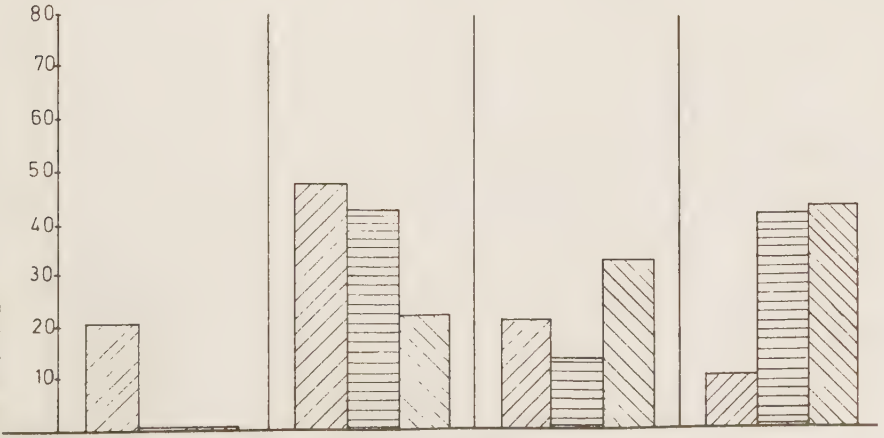
in %




orda
liqua
terior



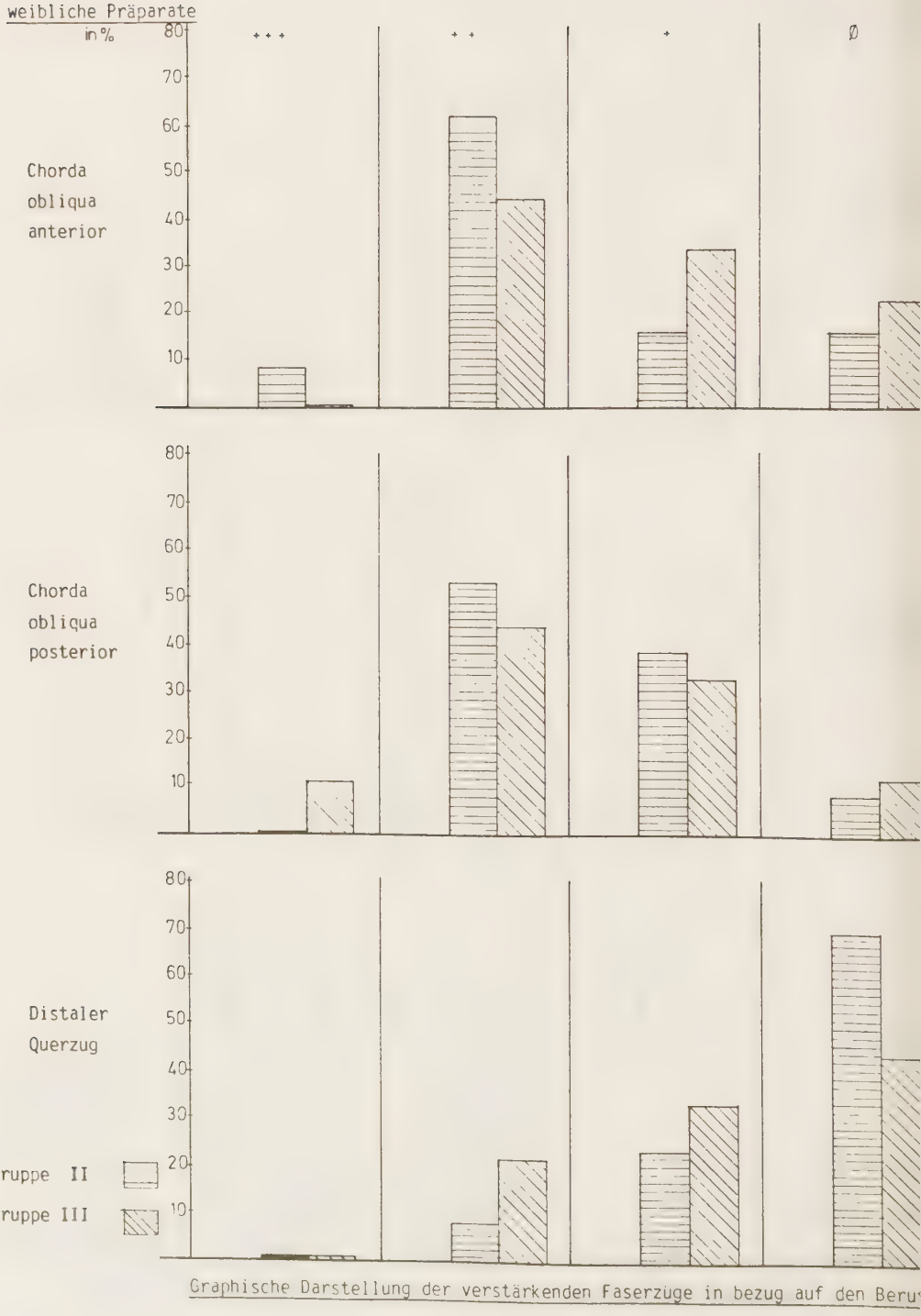

horda
bliqua
posterior




Distaler
Querzug

ppe I
ppe II
ppe III

Graphische Darstellung der verstärkenden Faserzüge in bezug auf den Beruf




Graphische Darstellung der verstärkenden Faserzüge in bezug auf den Beru

Tabelle VIII

Membrandickenmaße

| Definierte Membranmeßstrecke | n | Mittelwert | Standardabweichung |
|---|---|---|---|
| Meßstelle 40 % | 28 | 0,26 mm | 0,12 |
| Meßstelle 60 % | 28 | 0,59 mm | 0,25 |
| Meßstelle 75 % | 28 | 0,75 mm | 0,24 |
| Meßstelle 90 % mit Chorda obliqua posterior | 23 | 1,17 mm | 0,48 |
| Meßstelle 90 % ohne Chorda obliqua posterior | 28 | 0,44 mm | 0,23 |
| Chorda obliqua anterior | 15 | 0,89 mm | 0,21 |

Tabelle IX

Membrandickenmaße in bezug auf Geschlecht und Beruf

| Definierte Membranmeßstrecke | Männer n | Männer Mittelwert in mm | Männer Standardabw. in mm | Frauen n | Frauen Mittelwert in mm | Frauen Standardabweichg. in mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Meßstelle 40 % | 17 | 0,27 | 0,14 | 10 | 0,26 | 0,09 |
| Meßstelle 60 % | 17 | 0,60 | 0,28 | 10 | 0,58 | 0,20 |
| Meßstelle 75 % | 17 | 0,73 | 0,24 | 10 | 0,80 | 0,25 |
| Meßstelle 90 % mit Chorda obl. post. | 14 | 1,28 | 0,53 | 8 | 0,91 | 0,27 |
| Meßstelle 90 % ohne Chorda obl. post. | 17 | 0,39 | 0,18 | 10 | 0,43 | 0,10 |
| Chorda obliqua anterior | 10 | 0,87 | 0,18 | 4 | 0,89 | 0,30 |

Tabelle IX

Membrandickenmaße in bezug auf Geschlecht und Beruf

| Definierte Membranmeßstrecke | Berufsgruppe I Männer | | | Berufsgruppe II + III Männer | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | Mittelwert in mm | Standardabw. in mm | n | Mittelwert in mm | Standardabweichg. in mm |
| Meßstelle 40 % | 11 | 0,27 | 0,15 | 6 | 0,26 | 0,12 |
| Meßstelle 60 % | 11 | 0,63 | 0,27 | 6 | 0,53 | 0,32 |
| Meßstelle 75 % | 11 | 0,74 | 0,24 | 6 | 0,69 | 0,25 |
| Meßstelle 90 % mit Chorda obl. post. | 9 | 1,52 | 0,46 | 5 | 0,84 | 0,36 |
| Meßstelle 90 % ohne Chorda obl. post. | 11 | 0,45 | 0,20 | 6 | 0,29 | 0,07 |
| Chorda obliqua anterior | 7 | 0,87 | 0,20 | 3 | 0,86 | 0,21 |

Tabelle X a

| | Präparatnummer | | | Alter | Beruf |
|---|---|---|---|---|---|
| Männer | 1 | D | 30 | 50 | Bauer |
| | 2 | D | 45 | 53 | Kraftfahrer |
| | 3 | D | 46 | 42 | Maurer |
| | 4 | D | 47 | 45 | Konstruktionszeichner |
| | 5 | D | 48 | 46 | Schuhmacher |
| | 6 | D | 50 | 54 | Vertreter |
| | 7 | D | 52 | 34 | Anstreicher |
| | 8 | D | 53 | 55 | Metzger |
| | 9 | D | 54 | 54 | Flickschuster |
| | 10 | D | 55 | 37 | Angestellter |
| | 11 | D | 58 | 31 | Gärtner |
| | 12 | D | 61 | 20 | Schlosser |
| | 13 | D | 62 | 27 | Kraftfahrer |
| | 14 | E | 16 | 60 | Gerüstbauer |
| | 15 | E | 17 | 60 | Kraftfahrer |
| | 16 | E | 18 | 66 | Bauhilfsarbeiter |
| | 17 | E | 19 | 68 | Bergmann |
| | 18 | E | 20 | 62 | Maschinenschlosser |
| Frauen | 1 | D | 42 | 42 | Verkäuferin |
| | 2 | D | 43 | 52 | Arbeiterin |
| | 3 | D | 44 | 51 | Metallarbeiterin |
| | 4 | D | 49 | 37 | Apothekenhelferin |
| | 5 | D | 51 | 45 | Montiererin |
| | 6 | D | 56 | 37 | Sekretärin |
| | 7 | D | 57 | 53 | Verkäuferin |
| | 8 | D | 59 | 59 | Hausfrau |
| | 9 | D | 63 | 31 | Lehrerin |
| | 10 | D | 64 | 48 | Sekretärin |

Tabelle X b

Schwerarbeiter mit kräftiger manueller Tätigkeit I

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | 30 | 50 Jahre | Bauer |
| D | 45 | 53 | Kraftfahrer |
| D | 46 | 42 | Maurer |
| D | 53 | 55 | Metzger |
| D | 58 | 31 | Gärtner |
| D | 61 | 20 | Schlosser |
| D | 62 | 27 | Kraftfahrer |
| E | 17 | 60 | Kraftfahrer |
| E | 18 | 66 | Bauhilfsarbeiter |
| E | 19 | 68 | Bergmann |
| E | 20 | 62 | Maschinenschlosser |

Arbeiter mit leichter manueller Tätigkeit II, III

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | 47 | 45 | Konstruktionszeichner |
| D | 48 | 46 | Schuhmacher |
| D | 50 | 54 | Vertreter |
| D | 52 | 34 | Anstreicher |
| D | 54 | 54 | Flickschuster |
| D | 55 | 37 | Angestellter |
| D | 58 | 31 | Gärtner |

Tabelle XI

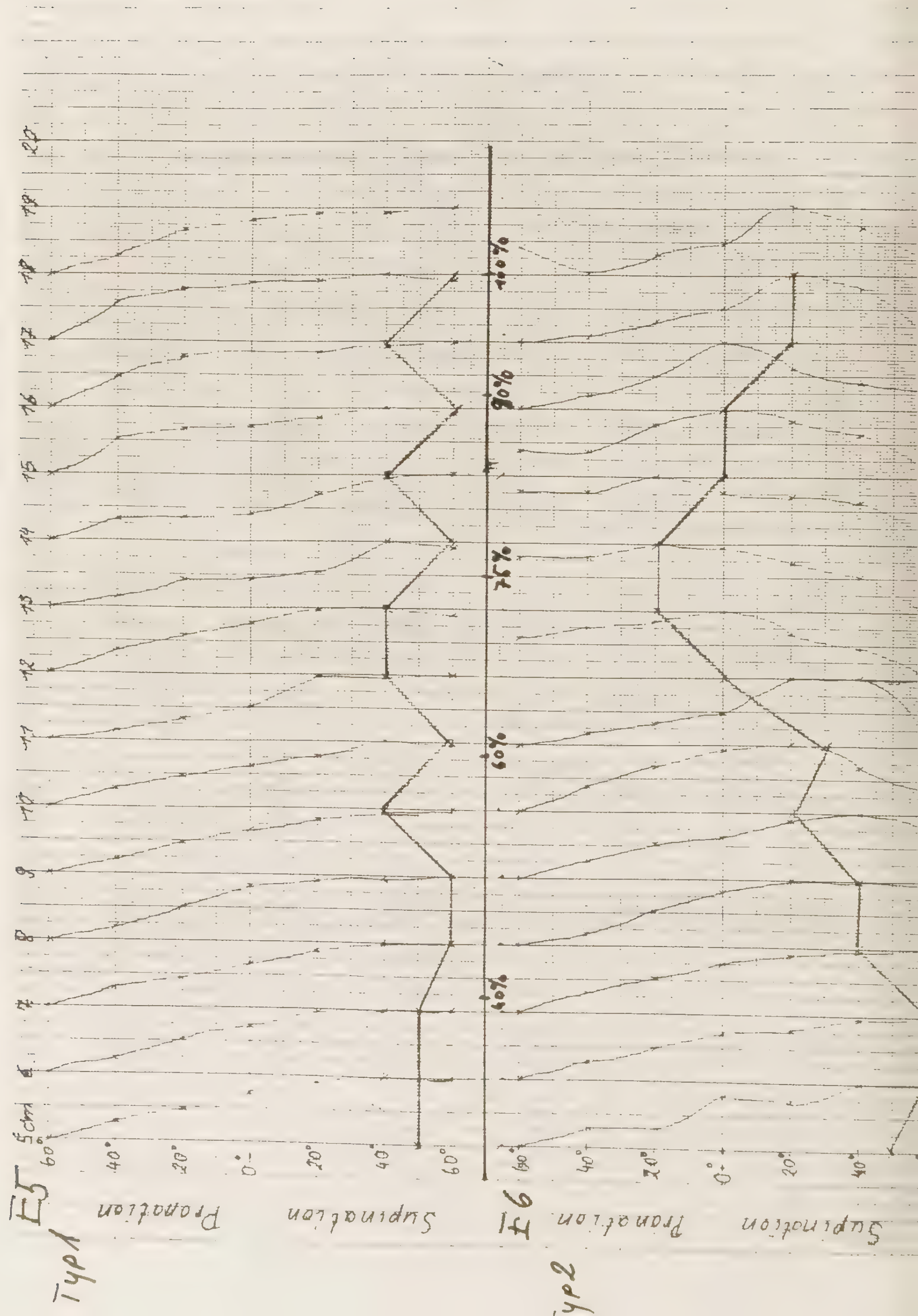
Interossärabstände (n = 18) (Mittelwerte)

| Definierte Membran-meßstrecke | Minimal-abstand | Standard-abweichg. | Maximal-abstand | Standard-abweichg. | L | Standard-abweichg. | L in bezug auf Minimal-abstand | Standard-abweichg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | | cm | | cm | | % | |
| Meßstelle 1 40 % | 1,43 | 0,14 | 1,81 | 0,14 | 0,38 | 0,14 | 27,4 | 11,6 |
| Meßstelle 2 60 % | 1,48 | 0,18 | 1,75 | 0,17 | 0,27 | 0,10 | 19,0 | 8,5 |
| Meßstelle 3 75 % | 1,08 | 0,19 | 1,33 | 0,19 | 0,25 | 0,10 | 24,8 | 13,6 |
| Meßstelle 4 90 % | 0,83 | 0,21 | 1,08 | 0,19 | 0,25 | 0,10 | 32,9 | 19,3 |

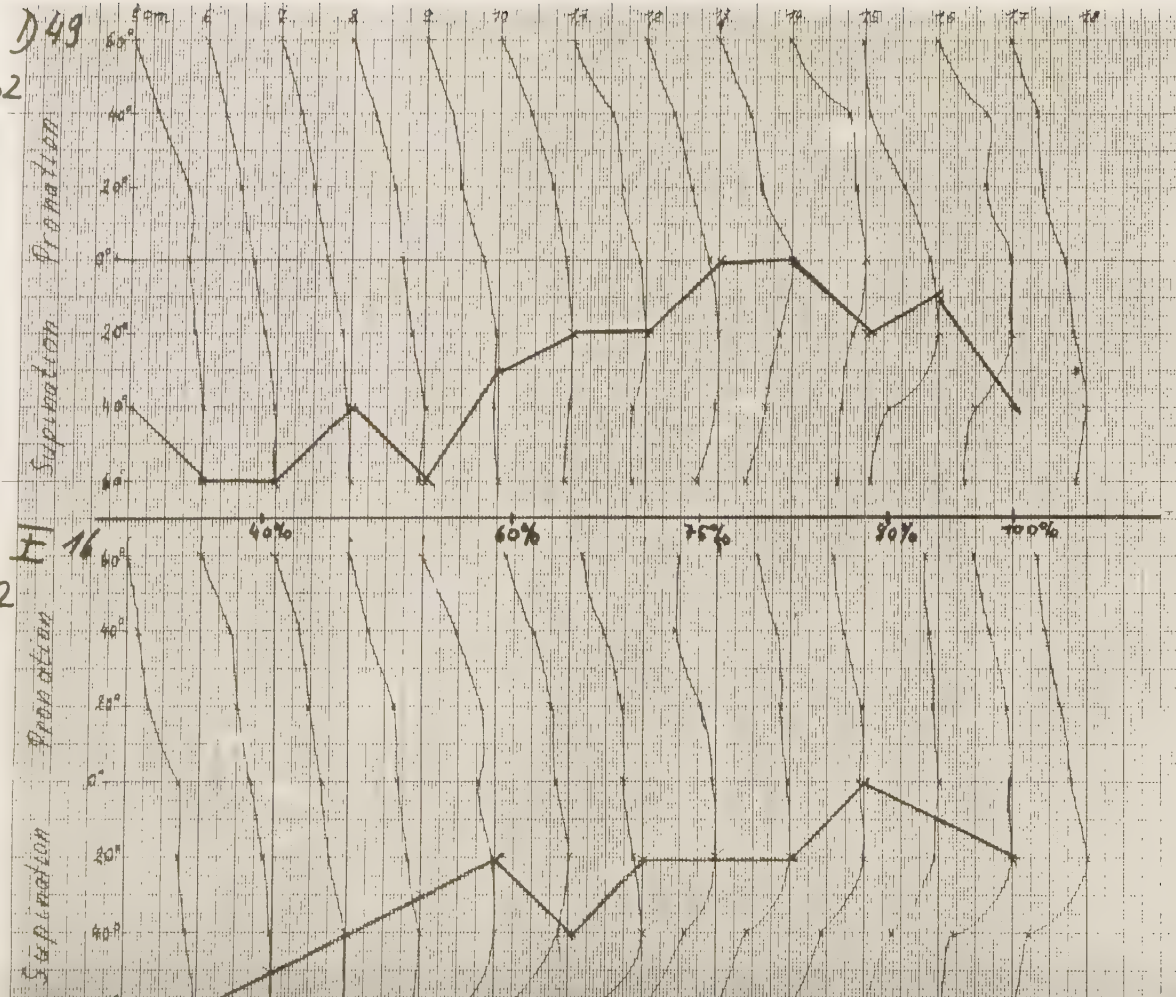
Tabelle XII

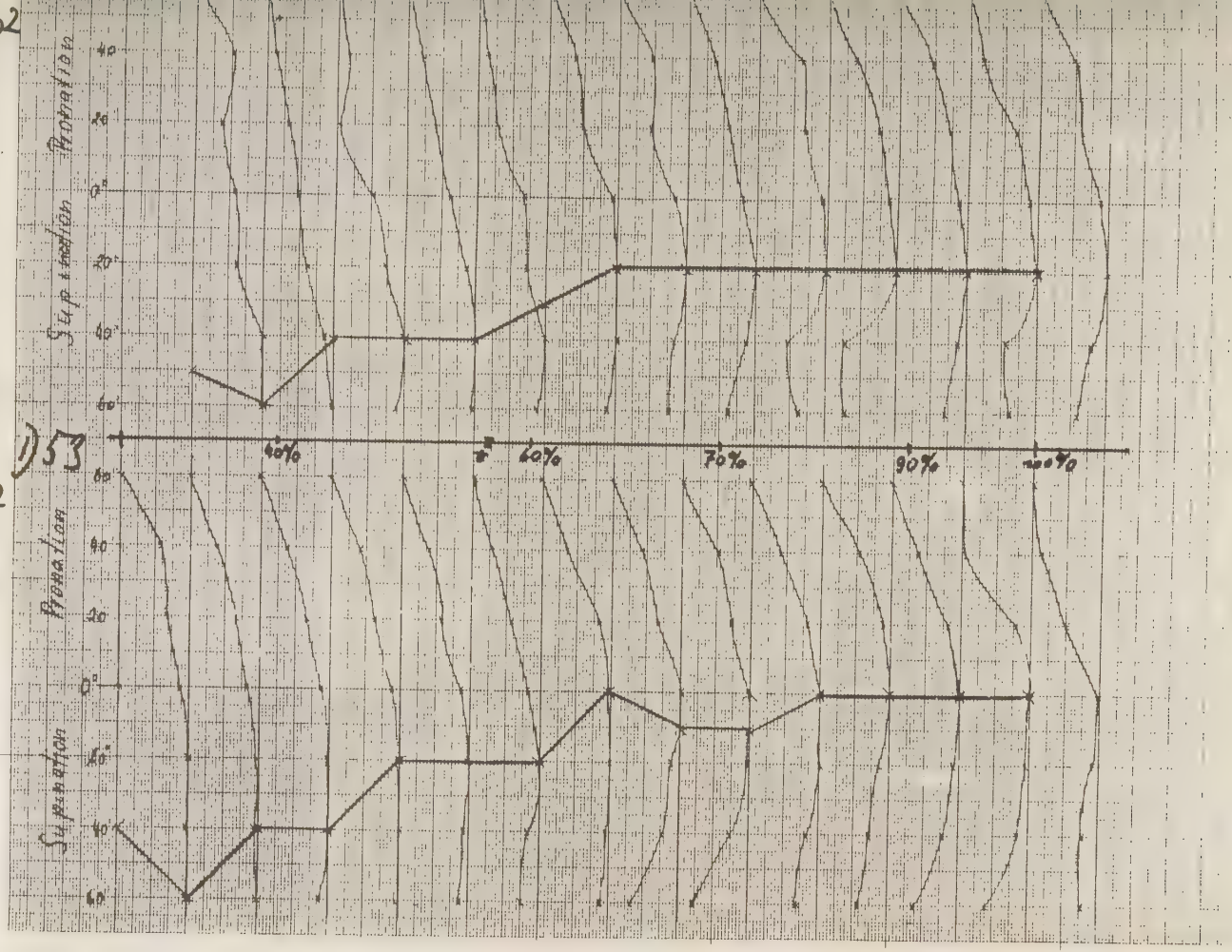
Spenderdaten der Praparate der Interossärabstandsmessungen

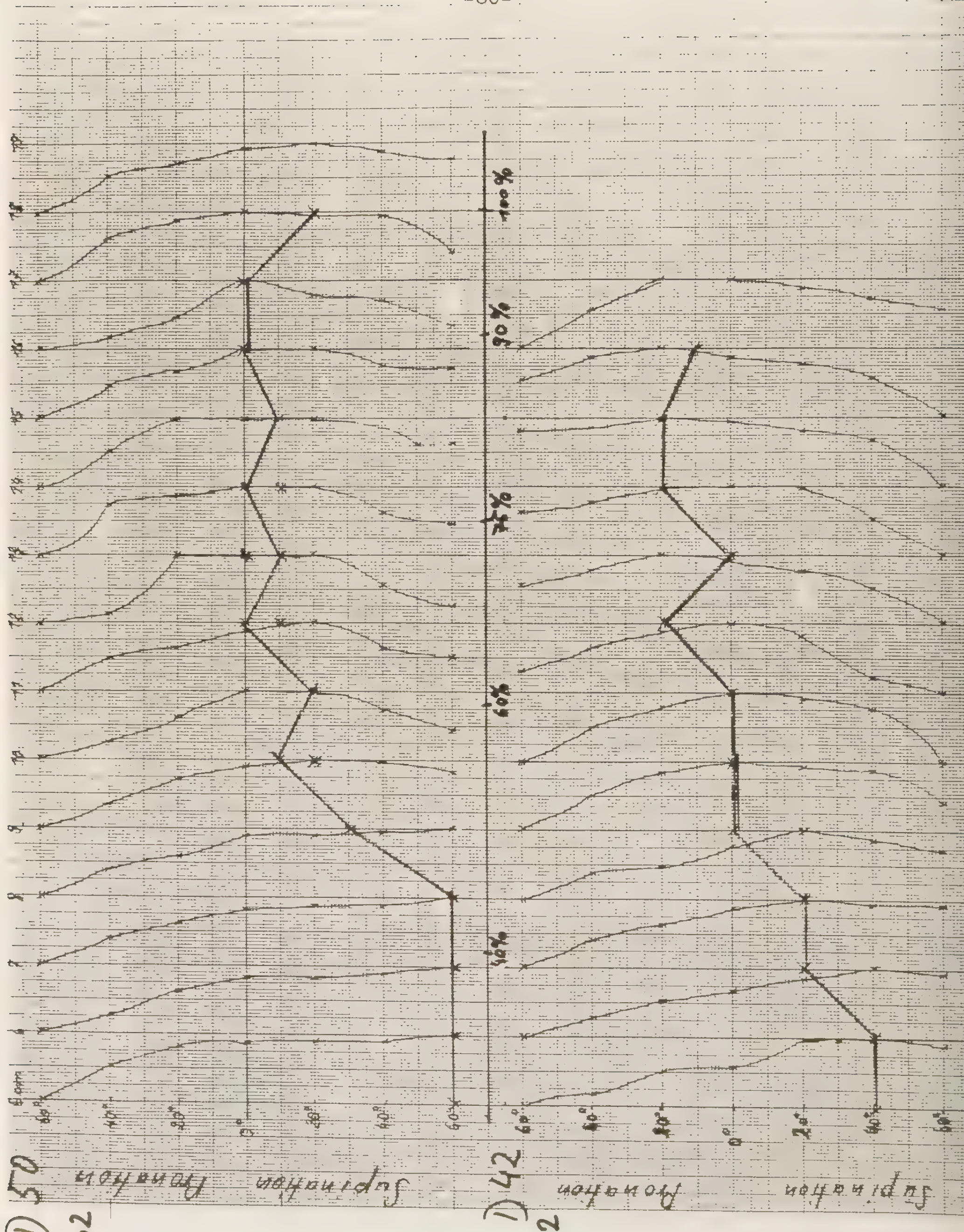
| | Präparatnummer | | Alter | Geschlecht | Beruf |
|---|---|---|---|---|---|
| Typ 1 | D | 45 | 53 | männl. | Kraftfahrer |
| n = 3 | D | 46 | 42 | männl. | Maurer |
| | E | 5 | 66 | männl. | ? |
| Typ 2 | D | 42 | 42 | weibl. | Verkäuferin |
| n = 6 | D | 49 | 37 | weibl. | Apothekerin |
| | D | 50 | 54 | männl. | Vertreter |
| | D | 52 | 34 | männl. | Anstreicher |
| | D | 53 | 55 | männl. | Metzger |
| | E | 16 | 60 | männl. | Gerüstbauer |
| Typ 3 | D | 43 | 52 | weibl. | Arbeiterin |
| n = 9 | D | 44 | 51 | weibl. | Arbeiterin |
| | D | 47 | 45 | männl. | Zeichner |
| | D | 48 | 46 | männl. | Schuhmacher |
| | D | 51 | 45 | weibl. | Montiererin |
| | D | 57 | 53 | weibl. | Verkäuferin |
| | E | 3 | 60 | weibl. | ? |
| | E | 4 | 66 | männl. | ? |
| | E | 17 | 60 | männl. | Fahrer |

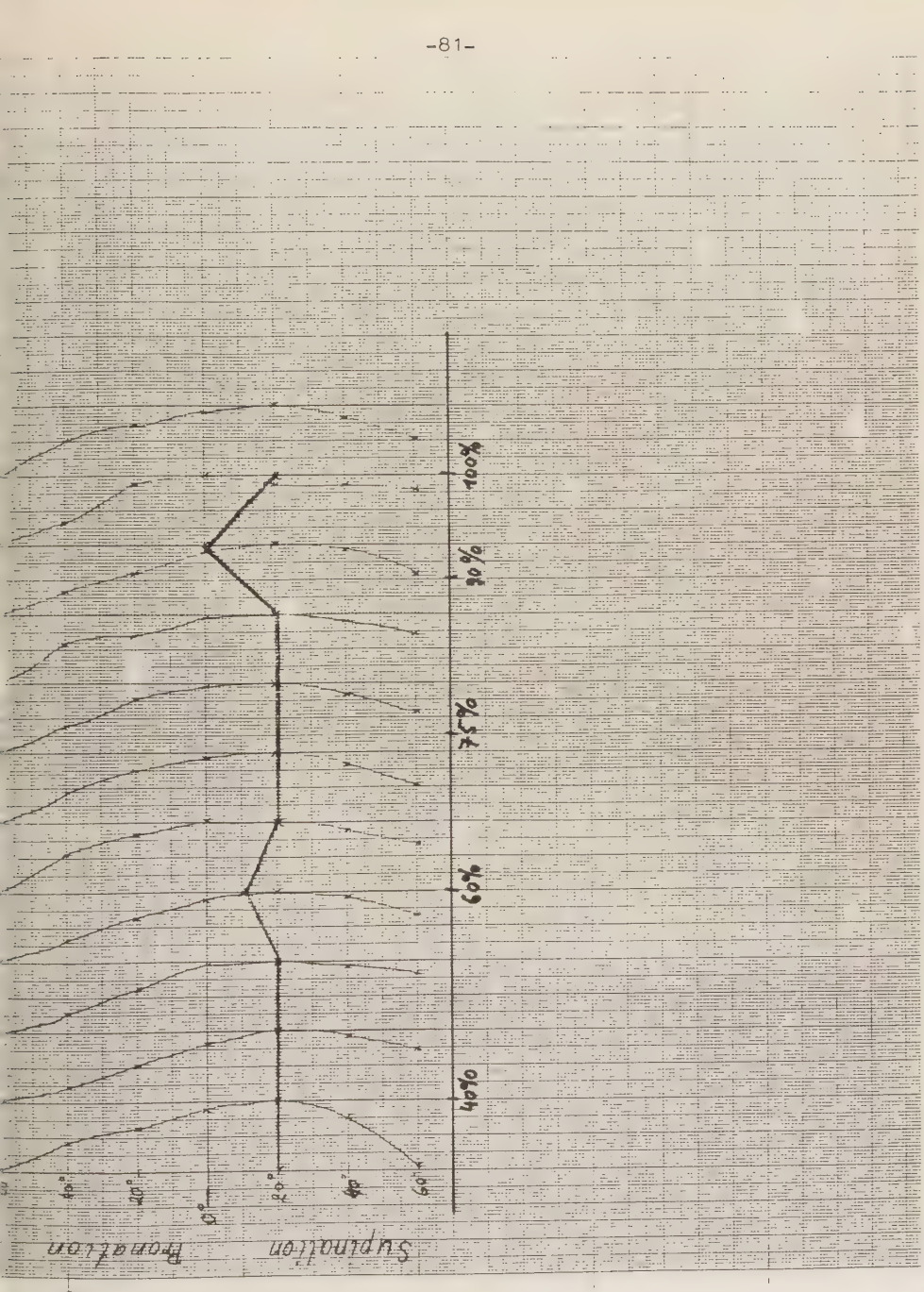

Typ 1
E5
Pronation
Supination
E6
Typ2
Pronation
Supination
5cm
60°
40°
20°
0°
20°
40°
60°
40%
60%
75%
90%
100%
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

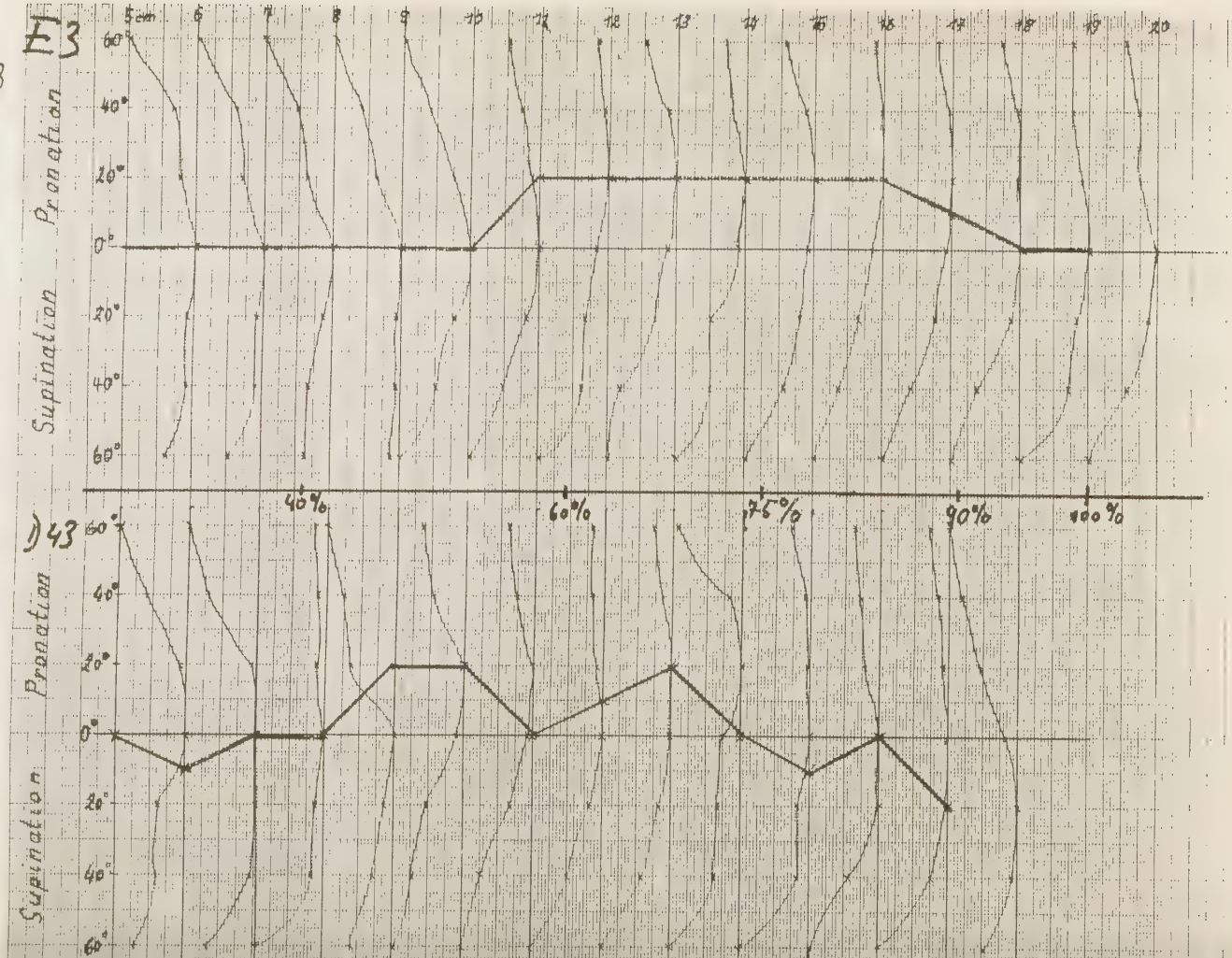
Typ 1 DJ46
Supination ← → Pronation
Supination ← → Pronation
60%
80%
100%


D 49
Typ 2
Supination
Pronation
40%
60%
75%
80%
100%
H 16
Typ 2
Supination
Pronation


Typ2
Typ2
1)53
40%
60%
70%
90%
100%


1) 50
Typ 2
Supination
Pronation
100%
90%
75%
60%
40%
1) 42
Typ 2

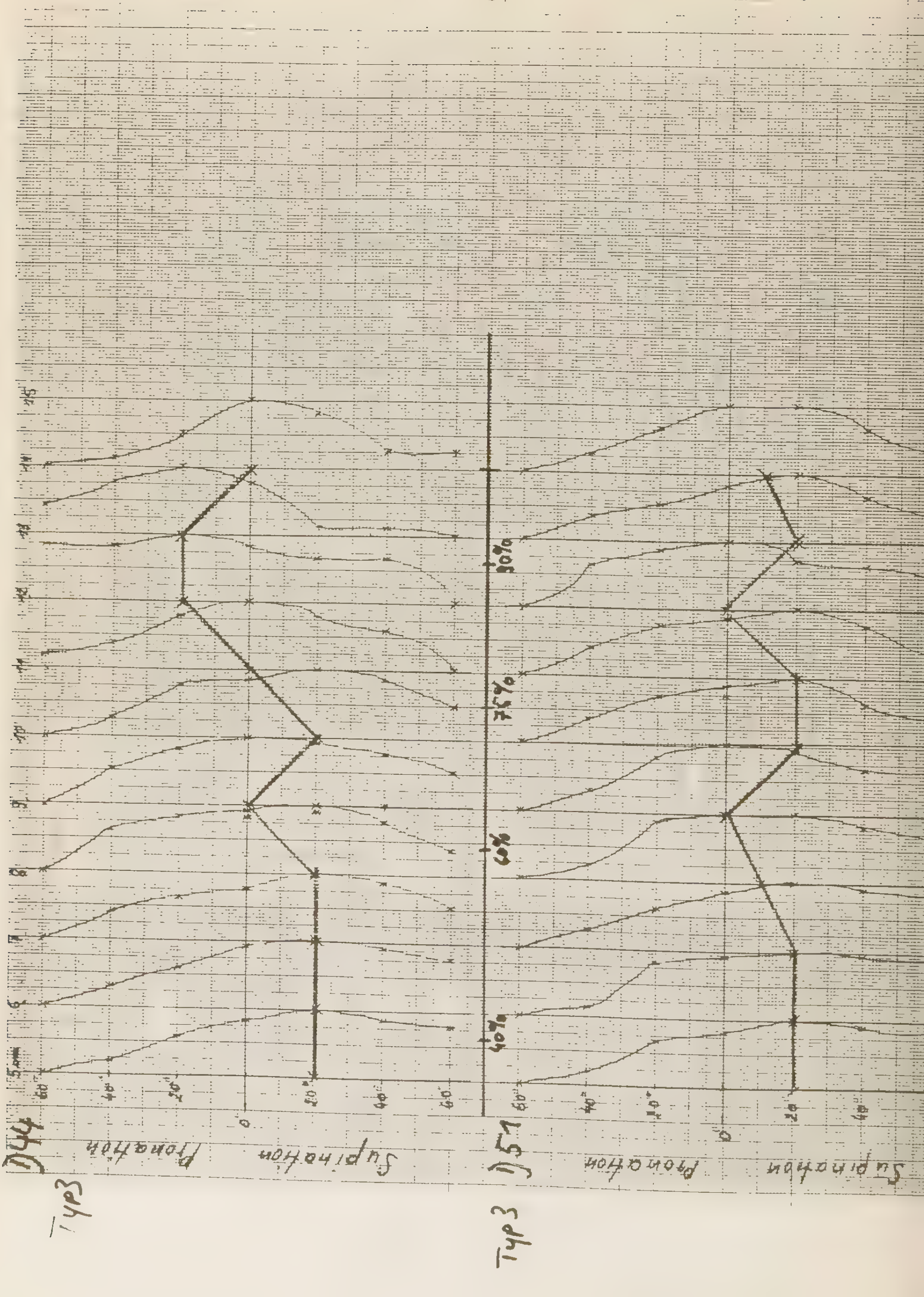

Type 3
Supination
Pronation
40°
30°
20°
10°
0°
10°
20°
30°
40%
60%
75%
90%
100%

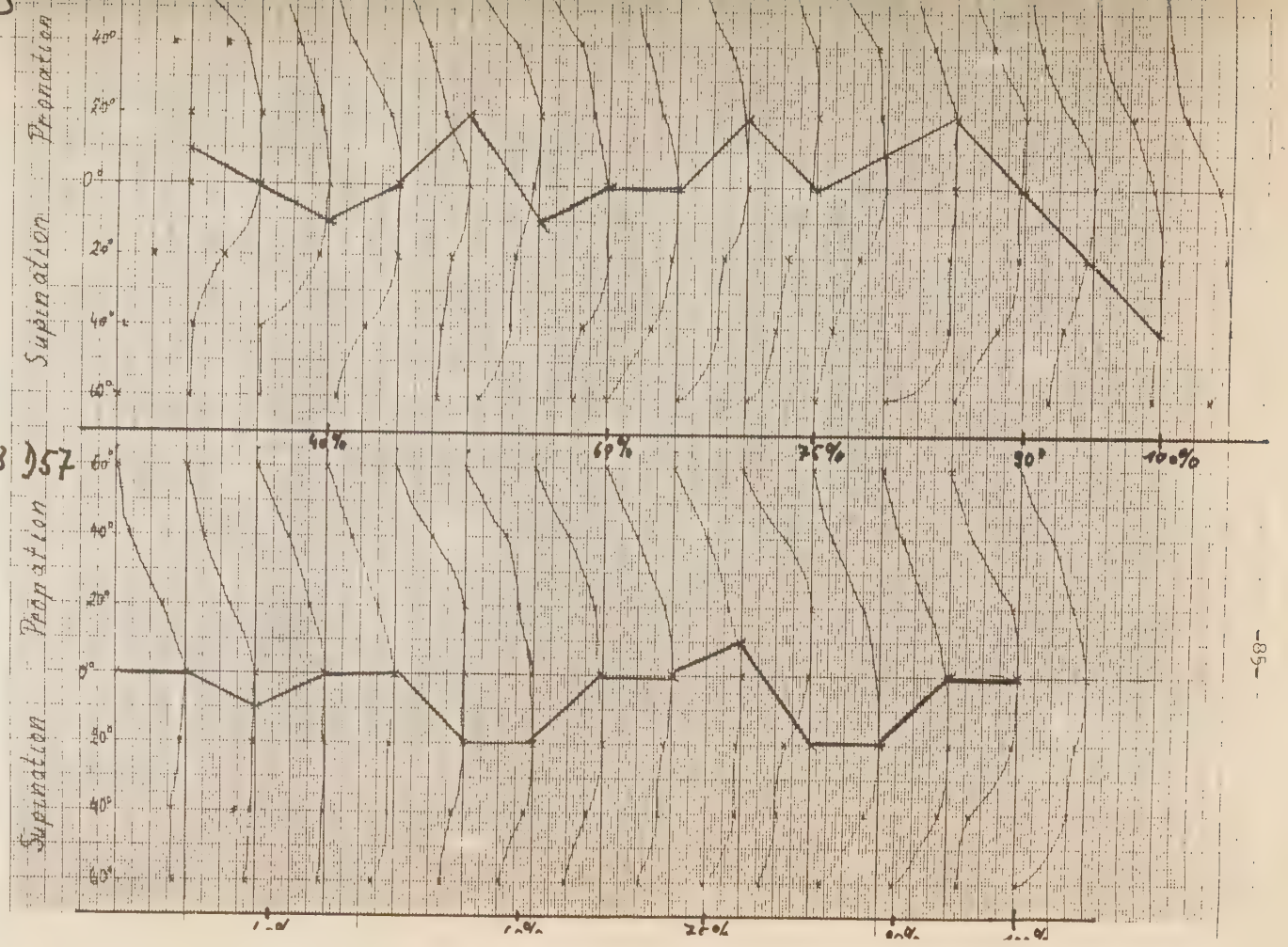

Typ 3
E3
5 cm
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
60°
40°
20°
0°
Pronation
Supination
40%
60%
75%
90%
100%
Typ 3
43
Pronation
Supination

Typ 3

D 47

Typ 3


D44
Typ3
Pronation
Supination
D51
Typ3
Pronation
Supination
30%
75%
60%
40%


Typ 3
Supination
Pronation
40°
20°
0°
20°
40°
60°
40%
60%
80%
90°
100%
Typ 357
Supination
Pronation
60°
40°
20°
0°
20°
40°
60°

## H. LEBENSLAUF

Am 7.3.1952 wurde ich, Josef, Hermann Kindler als Sohn des Bauingenieurs Fritz Kindler und seiner Ehefrau, der Geschäftsfrau Elisabeth Kindler, geb. Gassner, in Mallersdorf geboren.

Nach dem Besuch von vier Klassen Volksschule in Schierling war ich Schüler des mathematisch- naturwissenschaftlichen Goethe - Gymnasiums in Regensburg. Während der Gymnasialzeit war ich im bischöflichen Studienseminar untergebracht. Im Sommer 1971 bestand ich das Abitur.

Von Juli 1971 bis April 1972 leistete ich einen Teil meines Wehrdienstes ab.

Im Sommersemester 1972 begann ich an der Ludwig- Maximilians- Universität München mit dem Studium der Humanmedizin, bestand dort am 22. Mai 1979 das Medizinische Staatsexamen und erhielt am 15. Juni 1979 meine Approbation.

Seit dem 1. August 1979 war ich im Kreiskrankenhaus Kelheim als Assistenzarzt tätig. Bis Dezember 1980 wurde ich chirurgisch ausgebildet. Seit 1. Januar 1981 befinde ich mich in einer internistischen Ausbildung.